

10/527 232 #2

PCT/JP03/11452

Rec'd PCT/PTO 09 MAR 2005

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

07.10.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年 9月 9日

出願番号  
Application Number: 特願2002-263173  
[ST. 10/C]: [JP2002-263173]

出願人  
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社  
株式会社豊田中央研究所

REC'D 21 NOV 2003

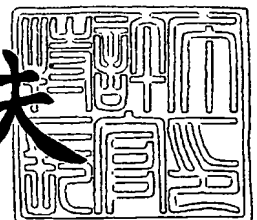
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 1023116

【提出日】 平成14年 9月 9日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 F02D 41/04  
F02D 45/00

【発明の名称】 内燃機関の燃料噴射制御装置

【請求項の数】 18

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 小林 暢樹

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 佐々木 静夫

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

【氏名】 青山 太郎

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1番地の1 株  
式会社豊田中央研究所内

【氏名】 稲垣 和久

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1番地の1 株  
式会社豊田中央研究所内

【氏名】 中北 清己

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1番地の1 株  
式会社豊田中央研究所内

【氏名】 仲原 彰治

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株  
式会社豊田中央研究所内

**【氏名】** 堀田 義博

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000003207

**【氏名又は名称】** トヨタ自動車株式会社

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000003609

**【氏名又は名称】** 株式会社豊田中央研究所

**【代理人】**

**【識別番号】** 100077517

**【弁理士】** .

**【氏名又は名称】** 石田 敬

**【電話番号】** 03-5470-1900

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100092624

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 鶴田 準一

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100102819

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 島田 哲郎

**【選任した代理人】**

**【識別番号】** 100082898

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 西山 雅也

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036135

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0211566

【包括委任状番号】 9300349

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 内燃機関の燃料噴射制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主燃料噴射と、主燃料噴射の前または後、若しくは前と後との両方に機関燃焼室に燃料を噴射するマルチ燃料噴射と、を必要に応じて組み合わせた燃料噴射モードで燃料噴射を行うディーゼル機関の燃料噴射制御装置であって、

機関運転状態に応じて前記主燃料噴射とマルチ燃料噴射との燃料噴射量と燃料噴射時期とを規定する燃料噴射指令値を設定する燃料噴射設定手段と、前記燃料噴射指令値に応じた燃料噴射量と噴射時期とで機関燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁と、

機関燃焼室内の圧力を検出する筒内圧センサと、

前記筒内圧センサで検出した実際の燃焼室内圧力と機関クランク角とを用いて、予め定めた関係に基づいて機関の実際の燃焼状態を表す燃焼パラメータを算出する燃焼パラメータ算出手段と、

予め記憶した関係に基づいて前記機関運転状態に対応する前記燃焼パラメータの目標値を算出する目標値算出手段と、

前記燃焼パラメータ算出手段により算出した燃焼パラメータの値が前記目標値算出手段により算出した燃焼パラメータの目標値に一致するように前記燃料噴射指令値を補正する噴射補正手段と、を備え、

前記燃焼パラメータとして、燃焼室内圧力と機関クランク角とを用いてそれぞれ予め定めた関係に基づいて算出される、機関燃焼状態を表す複数種類の燃焼パラメータの中から前記機関の燃料噴射モードもしくは燃焼モードに応じて選択された燃焼パラメータが使用される、

内燃機関の燃料噴射制御装置。

【請求項 2】 前記噴射補正手段は、まず燃料噴射指令値の総燃料噴射量の補正を行い、マルチ燃料噴射が行われている場合には、補正後の指令値に基づく主燃料噴射が行われている状態で前記マルチ燃料噴射指令値を補正する、請求項 1 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 3】 更に、予め定めたクランク角において前記筒内圧センサで検出した実際の燃焼室内圧力に基づいて前記筒内圧センサ出力の誤差を修正するセンサ較正手段を備えた、請求項 1 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 4】 前記機関運転状態は、機関回転数とアクセル開度とにより規定される、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 5】 前記選択された燃焼パラメータは、燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値と燃焼室内圧力が最大になるクランク角とである、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 6】 前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力の変化率が最大になるクランク角である、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 7】 前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力の 2 階微分値が最大になるクランク角である、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 8】 前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値と燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積が最大になるクランク角とである、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 9】 前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値と、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積が最大になるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差  $\Delta P V_{max}$  である、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 10】 前記選択された燃焼パラメータは、筒内熱発生率が最大になるクランク角である、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 11】 前記選択された燃焼パラメータは、筒内総発熱量である請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 12】 前記選択された燃焼パラメータは、燃焼開始後の筒内圧の最大値と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の筒内最小圧力との差である請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 13】 前記選択された燃焼パラメータは、燃焼開始後の筒内圧の最大値と、前記筒内圧が最大になるクランク角において、燃焼が生じなかったと

仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力との差である請求項4に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項14】 前記マルチ燃料噴射は、主燃料噴射に先立って行われるパイロット燃料噴射を含み、前記補正手段は燃焼パラメータとして、主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるときの燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積と、主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差を用いてパイロット燃料噴射指令値を補正する請求項4に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項15】 前記マルチ燃料噴射は、主燃料噴射の後に行われるアフター噴射を含み、前記補正手段は燃焼パラメータとして、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値と、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積が最大になるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差 $\Delta P V_{max}$ と、アフター噴射により噴射された燃料に着火が生じるときの燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積と、アフター噴射により噴射された燃料に着火が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差 $\Delta P V_{after}$ との差( $\Delta P V_{max} - \Delta P V_{after}$ )を用いてアフター噴射指令値を補正する請求項4に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項16】 前記補正手段は、前記燃焼パラメータとして燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値と燃焼室内圧力が最大になるクランク角とを用いた前記補正を主燃料噴射指令値についてのみ行う、請求項5に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項17】 更に、機関吸入空気量を絞るスロットル弁を備え、前記噴射補正手段は、主燃料噴射量を補正した後、燃焼パラメータとして圧縮上死点における圧縮による燃焼室内圧力と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の筒内最小圧力との差と、燃焼開始後の燃焼室内圧力最大値との2つを用いて、これら2つの燃焼パラメータの値がそれぞれの目標値と一致するように前記スロットル弁開度と、主燃料噴射時期とを補正する、請求項4に記載の燃料噴射制御装置。

【請求項 1 8】 前記ディーゼル機関は、圧縮行程後期に燃料噴射を行い空気過剰率の大きい燃焼を行う通常燃焼モードと、通常燃焼モードより燃料噴射時期を進角し、かつ E G R ガス量を増大した低温燃焼モードとを切り換えて運転可能であり、前記噴射補正手段は前記通常燃焼モードと低温燃焼モードとの間のモード切替時に、前記 2 つの燃焼パラメータの値がそれぞれの目標値と一致するように前記スロットル弁開度と、主燃料噴射時期とを補正する請求項 1 7 に記載の燃料噴射制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、内燃機関の燃料噴射制御装置に関し、詳細にはディーゼル機関の燃焼を最適化する燃料噴射制御装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年の排気ガス規制の強化や騒音低減に対する要求から、ディーゼル機関においても燃焼室内での燃焼最適化の要求が高まってきている。燃焼最適化のためにはディーゼル機関においても燃料噴射量、燃料噴射時期、噴射期間などを正確に制御することが必要となる。しかし、ディーゼル機関では、理論空燃比よりかなり高いリーン空燃比領域で燃焼が行われており、ガソリン機関のように、正確に空燃比を目標空燃比に維持する必要がなかったため、従来、燃料噴射量、燃料噴射時期などの燃料噴射パラメータもガソリン機関ほどには精密な制御は行われていない。又、従来、ディーゼル機関では機関運転条件（回転数、アクセル開度など）から燃料噴射量、噴射時期、噴射圧、E G R ガス量などを決定しているが、他の条件が精密に制御可能であったとしても、実際の燃料噴射量が目標噴射量に対して誤差を生じるため燃焼状態を目標とする状態に正確に制御することは困難であった。

【0 0 0 3】

更に、燃焼状態改善のために最近ディーゼル機関において採用されるようになったコモンレール式高圧燃料噴射装置では、燃料噴射時間が短く、しかも噴射中



に燃料噴射圧力が変化する等のため、燃料噴射量に誤差を生じやすい問題がある。このため、コモンレール式高圧燃料噴射装置では燃料噴射弁の公差を小さく設定して燃料噴射精度を向上させる等の対策が取られているが、実際には燃料噴射弁は各部の摩耗などにより使用期間とともに燃料噴射特性が変化するため、燃料噴射量を常に正確に目標値に一致させることは困難である。

#### 【0004】

このように、ディーゼル機関では燃料噴射量などに誤差が生じやすいため最適な燃焼状態を得る目標値を設定できても、実際にその燃料噴射量を目標値に合致させることが困難な事情がある。

燃焼状態を目標とする燃焼状態に合致させるためには、実際の燃焼状態を何らかの形で検出し、実際の燃焼状態が目標とする燃焼状態に合致するように燃料噴射量や燃料噴射時期などの燃料噴射パラメータをフィードバック制御することが有効である。

#### 【0005】

このように、燃焼状態を検出して燃料噴射パラメータをフィードバック制御する内燃機関の燃焼制御装置の例としては、特許文献1に記載されたものがある。

特許文献1の装置は、ディーゼル機関に関するものではなく、ガソリンエンジンに関するものであるが、機関の燃焼状態を表す燃焼パラメータとして燃焼室内の熱発生率を用い、熱発生率が所定のパターンになるように燃料噴射時期、燃料噴射量、点火時期、EGR量、などを制御するものである。

#### 【0006】

すなわち、特許文献1の装置は、機関燃焼室内圧力を検出する筒内圧力センサを気筒に配置し、検出した実際の燃焼室内圧力（燃焼圧）とクランク角とに基づいて各クランク角における熱発生率を算出し、熱発生率のクランク角に対する変化パターンが予め定めた理想的な変化パターンに一致するように、点火時期、燃料噴射時期などをフィードバック制御している。

#### 【0007】

##### 【特許文献1】

特開2000-54889号公報

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1の装置では、燃焼に関係するパラメータとして熱発生率に着目し、実際の運転状態における熱発生率パターンを算出して、この熱発生率が所定のパターンになるように点火時期、燃料噴射量などをフィードバック制御している。特許文献1の装置はガソリン機関に関するものであるが、例えばディーゼル機関においても同様に筒内圧センサを設けることにより、筒内圧センサの出力に基づいて熱発生率のパターンを算出し、この熱発生率のピーク位置やパターンが所定のピーク位置と熱発生率パターンになるように燃料噴射時期、燃料噴射量をフィードバック制御することも考えられる。

## 【0009】

ところが、特許文献1の装置では機関の燃焼状態を表すパラメータとして、燃焼室における熱発生率のみを使用して燃焼状態のフィードバック制御を行っている。特許文献1の装置では、ガソリン機関が使用されており、ガソリン機関では予混合気の火花点火が行われ、点火、燃焼などの燃焼パターンも大きくは変化しない。このため、燃焼状態を表すパラメータとして熱発生率のピーク位置やパターンのみを用いても大きな誤差は生じない。

## 【0010】

しかし、ディーゼル機関では、例えば、主燃料噴射のみでなく、主燃料噴射に先立って行われるパイロット噴射や、主燃料噴射の後に行われるアフター噴射等を含むマルチ噴射が行われる場合もあり、噴射形態（噴射モード）のみをとっても大きく異なる場合がある。また、燃焼室内の圧力変化も噴射モードにより大きく異なってくるため、熱発生率のピーク位置やパターンのみで燃焼状態のフィードバック制御を行うことは必ずしも適切ではない。

例えば、ディーゼル機関の筒内燃料噴射弁では噴射量や噴射時期などの燃料噴射特性が使用期間とともに徐々に変化する、燃料噴射特性のずれが生じるが、このような燃料噴射特性のずれは上記の熱発生率ピーク位置やパターンに基づいて正確に修正することは困難である。

## 【0011】

また、パイロット噴射や主燃料噴射、或いはアフター噴射などのマルチ噴射を行う場合には、燃焼状態を最適にするためには、それぞれ噴射の燃料噴射量と時期とを最適に制御する必要があるが、熱発生率ピーク位置やパターンのみに基づいて、複数の燃料噴射の燃料噴射特性をフィードバック制御することは困難である。

#### 【0 0 1 2】

本発明は上記問題に鑑み、ディーゼル機関において、噴射モードや燃焼の形態に応じて最適な燃焼パラメータを使用してフィードバック制御を行うことにより、ディーゼル機関の燃焼状態を最適に制御することが可能な内燃機関燃料噴射制御装置を提供することを目的としている。

#### 【0 0 1 3】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明によれば、主燃料噴射と、主燃料噴射の前または後、若しくは前と後との両方に機関燃焼室に燃料を噴射するマルチ燃料噴射と、を必要に応じて組み合わせた燃料噴射モードで燃料噴射を行うディーゼル機関の燃料噴射制御装置であって、機関運転状態に応じて前記主燃料噴射とマルチ燃料噴射との燃料噴射量と燃料噴射時期とを規定する燃料噴射指令値を設定する燃料噴射設定手段と、前記燃料噴射指令値に応じた燃料噴射量と噴射時期とで機関燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁と、機関燃焼室内の圧力を検出する筒内圧センサと、前記筒内圧センサで検出した実際の燃焼室内圧力と機関クランク角とを用いて、予め定めた関係に基づいて機関の実際の燃焼状態を表す燃焼パラメータを算出する燃焼パラメータ算出手段と、予め記憶した関係に基づいて前記機関運転状態に対応する前記燃焼パラメータの目標値を算出する目標値算出手段と、前記燃焼パラメータ算出手段により算出した燃焼パラメータの値が前記目標値算出手段により算出した燃焼パラメータの目標値に一致するように前記燃料噴射指令値を補正する噴射補正手段と、を備え、前記燃焼パラメータとして、燃焼室内圧力と機関クランク角とを用いてそれぞれ予め定めた関係に基づいて算出される、機関燃焼状態を表す複数種類の燃焼パラメータの中から前記機関の燃料噴射モードもしくは燃焼モードに応じて選択された燃焼パラメータが使用される、内燃機関の燃料

噴射制御装置が提供される。

【0014】

すなわち、請求項1に記載の発明では、筒内圧センサで検出した実際の燃焼室内圧力にとクランク角とに基づいて機関の燃焼状態を表す燃焼パラメータが算出されるが、この燃焼パラメータとしては例えば熱発生率のみを用いて全ての場合を制御するのではなく、燃焼室内圧力とクランク角とに基づいて算出される複数種類の燃焼パラメータの中から燃料噴射の回数等の燃料噴射モードやEGR量等により定まる燃焼モードに応じて最適な燃焼パラメータ、すなわちその燃料噴射モードや燃焼モードにおいて最も誤差が少ないパラメータが選択され、フィードバック制御に使用される。このように、複数種類の燃焼パラメータの中から燃料噴射モードや燃焼モードに応じて最も誤差が小さくなる燃焼パラメータを選択してフィードバック制御を行うことにより、ディーゼル機関の燃焼を最適に制御することが可能となる。

なお、本明細書では、燃焼室内圧力に基づいて算出される、燃焼室内の燃焼状態を表すパラメータを燃焼パラメータと称している。

【0015】

請求項2に記載の発明によれば、前記噴射補正手段は、まず燃料噴射指令値の総燃料噴射量の補正を行い、マルチ燃料噴射が行われている場合には、補正後の指令値に基づく主燃料噴射が行われている状態で前記マルチ燃料噴射指令値を補正する、請求項1に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【0016】

すなわち、請求項2の発明ではマルチ燃料噴射が行われている場合には、まず燃焼パラメータに基づいて総燃料噴射量、主燃料噴射時期を補正し、その後にマルチ燃料噴射（パイロット噴射、アフター噴射など）の補正を行う。マルチ噴射を行う場合にも、総燃料噴射量は出力トルクに最も大きい影響を与える。このため、まず総燃料噴射量と主燃料噴射時期とを最適に補正することにより機関の燃焼状態を理想的な状態に近づけ、その後にマルチ噴射の噴射量、噴射時期を補正することにより燃焼状態の微調整が行われ、機関の燃焼が最適に制御される。

【0017】

請求項3に記載の発明によれば、更に、予め定めたクランク角において前記筒内圧センサで検出した実際の燃焼室内圧力に基づいて前記筒内圧センサ出力の誤差を修正するセンサ較正手段を備えた、請求項1に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

#### 【0018】

すなわち、請求項3の発明では、所定のクランク角における筒内圧センサ出力に基づいて筒内圧センサ出力の誤差が修正される。

例えば、吸気行程下死点における筒内圧は、略吸気管圧力に等しくなる。このため、吸気行程下死点における筒内圧センサ出力が、機関運転状態に基づいて算出される吸気管圧力との差を算出することによりセンサのゼロ点のずれを知ることができる。

#### 【0019】

また、圧縮行程上死点において燃焼が開始されるより前の所定クランク角における燃焼室内圧力は、圧縮によるものだけであるため吸気行程下死点での筒内圧が既知であればクランク角の関数として容易に算出することができる。このため、圧縮行程での実際のセンサ出力の計算値からのずれを算出することにより、センサのゲインずれを算出することができる。

本発明では、予め筒内圧センサのゼロ点ずれとゲインずれとを算出し、センサ出力を較正してから、センサで検出した燃焼室内圧力に基づいて燃焼パラメータを算出するため、燃焼パラメータを正確に算出することが可能となる。

#### 【0020】

請求項4に記載の発明によれば、前記機関運転状態は、機関回転数とアクセル開度とにより規定される、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

#### 【0021】

すなわち、請求項4の発明では機関運転状態は、機関回転数とアクセル開度（アクセルペダル踏み込み量）とにより規定され、燃焼パラメータ目標値も機関回転数とアクセル開度とのマップとして与えられる。

#### 【0022】

請求項 5 に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値と燃焼室内圧力が最大になるクランク角とである、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【 0 0 2 3 】

請求項 6 に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力の変化率が最大になるクランク角である、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【 0 0 2 4 】

請求項 7 に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力の 2 階微分値が最大になるクランク角である、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【 0 0 2 5 】

請求項 8 に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値と燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積が最大になるクランク角とである、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【 0 0 2 6 】

請求項 9 に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値と、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積が最大になるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差  $\Delta P V_{max}$  である、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【 0 0 2 7 】

請求項 1 0 に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、筒内熱発生率が最大になるクランク角である、請求項 5 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【 0 0 2 8 】

請求項 1 1 に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、筒内総発熱量である請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

## 【0029】

請求項12に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、燃焼開始後の筒内圧の最大値と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の筒内最小圧力との差である請求項4に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

## 【0030】

請求項13に記載の発明によれば、前記選択された燃焼パラメータは、燃焼開始後の筒内圧の最大値と、前記筒内圧が最大になるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力との差である請求項4に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

## 【0031】

すなわち、請求項5から13の発明では、筒内圧センサで検出される筒内圧とクランク角とから算出される種々の燃焼パラメータの中から、例えば以下のパラメータが使用される。

## 【0032】

請求項5：燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値  $P_{max}$ （図2参照）と燃焼室内圧力が最大になるクランク角。

請求項6：燃焼室内圧力のクランク角に対する変化率の最大値  $(dP/d\theta)_{max}$ （図4参照）が生じるときのクランク角。

請求項7：燃焼室内圧力の2階微分値の最大値  $(d^2P/d\theta^2)_{max}$ が生じるときのクランク角。

請求項8：燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値  $P V_{max}$  と  $P V_{max}$  生じるクランク角。

請求項9：燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値  $P V_{max}$  と、 $P V_{max}$  が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積  $P V_{max base}$  との差  $\Delta P V_{max} (=P V_{max} - P V_{max base})$ （図7参照）。

## 【0033】

請求項10：筒内熱発生率の最大値  $(dQ/d\theta)_{max}$  が生じるクランク角。

請求項 11: 筒内総発熱量  $\Sigma dQ$ 。

請求項 12: 燃焼開始後の筒内圧の最大値  $P_{max}$  と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の筒内最小圧力  $P_{min}$  (図 8 参照) との差、 $P_{max} - P_{min}$ 。

請求項 13: 燃焼開始後の筒内圧の最大値と  $P_{max}$  と、前記筒内圧が最大になるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力  $P_{max\ base}$  (図 9 参照) との差、 $P_{max} - P_{max\ base}$ 。

#### 【0034】

請求項 5 から 13 のように、異なる種類の燃焼パラメータの中から機関の噴射モードに応じて最適なものを選択して使用することにより、機関の燃焼が最適に制御される。

#### 【0035】

請求項 14 に記載の発明によれば、前記マルチ燃料噴射は、主燃料噴射に先立って行われるパイロット燃料噴射を含み、前記補正手段は燃焼パラメータとして、主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるときの燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積と、主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるクランク角、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差でを用いてパイロット燃料噴射指令値を補正する請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

#### 【0036】

請求項 15 に記載の発明によれば、前記マルチ燃料噴射は、主燃料噴射の後に行われるアフター噴射を含み、前記補正手段は燃焼パラメータとして、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値と、燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積が最大になるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差  $\Delta P V_{max}$  と、アフター噴射により噴射された燃料に着火が生じるときの燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積と、アフター噴射により噴射された燃料に着火が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室



内実容積との積との差 $\Delta P V_{after}$ との差( $\Delta P V_{max} - \Delta P V_{after}$ )を用いてアフター噴射指令値を補正する請求項4に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

#### 【0037】

請求項16に記載の発明によれば、前記補正手段は、前記燃焼パラメータとして燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値と燃焼室内圧力が最大になるクランク角とを用いた前記補正を主燃料噴射指令値についてのみ行う、請求項5に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

#### 【0038】

すなわち、請求項14から16の発明では、パイロット噴射、アフター噴射、或いは主燃料噴射の制御に特に適した燃焼パラメータが使用される。例えば、請求項14では、主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるときの燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積 $P V_{main}$ と、主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積 $P V_{main base}$ との差( $P V_{main} - P V_{main base}$ ) (図10参照)が運転条件から定まる目標値になるようにパイロット燃料噴射量が補正される。また、請求項15では、( $\Delta P V_{max} - \Delta P V_{after}$ ) (図14)が運転条件から定まる目標値になるようにアフター噴射量が補正され、請求項16では、 $P V_{max}$ 及びそのときのクランク角が運転条件から定まる目標値になるように主燃料噴射量及び噴射時期が補正される。このように、それぞれの噴射に最適な燃焼パラメータを使用することにより、機関の燃焼が最適に制御される。

#### 【0039】

請求項17に記載の発明によれば、更に、機関吸入空気量を絞るスロットル弁を備え、前記噴射補正手段は、主燃料噴射量を補正した後、燃焼パラメータとして圧縮上死点における圧縮による燃焼室内圧力と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の筒内最小圧力との差と、燃焼開始後の燃焼室内圧力最大値が生じるクランク角との2つを用いて、これら2つの燃焼パラメータの値がそれぞれの目標値と一致するように前記スロットル弁開度と、主燃料噴射時期とを補

正する、請求項 4 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【0040】

すなわち、請求項 17 の発明では、主燃料噴射量を適宜な燃焼パラメータを用いて補正した後、スロットル弁による吸入空気量の制御と主燃料噴射時期の制御とを圧縮上死点における圧縮による燃焼室内圧力  $P_{mtdc}$  (すなわち、圧縮上死点において燃焼が生じていない場合の純粹に圧縮により生じる圧力) と圧縮上死点後の最小圧力  $P_{min}$  との差、 $P_{mtdc} - P_{min}$ 、と、燃焼開始後の燃焼室内圧力最大値  $P_{max}$  が生じるクランク角との 2 つの燃焼パラメータを用いて補正する。

【0041】

この補正は例えば、まず  $P_{mtdc} - P_{min}$  が目標値に一致するようにスロットル弁開度を調整し、その後、 $P_{max}$  が生じるクランク角がそれぞれ目標値に一致するように主燃料噴射の噴射時期を調整する。これにより、燃料噴射量、時期に加えて機関空燃比をも最適に制御することが可能となる。

【0042】

請求項 18 に記載の発明によれば、前記ディーゼル機関は、圧縮行程後期に燃料噴射を行い空気過剰率の大きい燃焼を行う通常燃焼モードと、通常燃焼モードより燃料噴射時期を進角し、かつ EGR ガス量を増大した低温燃焼モードとを切り換えて運転可能であり、前記噴射補正手段は前記通常燃焼モードと低温燃焼モードとのモード切替時に、前記 2 つの燃焼パラメータの値がそれぞれの目標値と一致するように前記スロットル弁開度と、主燃料噴射時期とを補正する請求項 17 に記載の燃料噴射制御装置が提供される。

【0043】

すなわち、請求項 19 では、ディーゼル機関は通常燃焼モードと低温燃焼モードとを切り換えて運転する。この場合、例えば通常燃焼モードと低温燃焼モードとでは、EGR ガス量と主燃料噴射時期とが大きく変化するため、両方の制御による変化量が大きくなる。この場合、例えば、切り換え時には主燃料噴射時期の変化に対する  $P_{max}$  が生じるクランク角の変化(感度)が低下するため、例えばまず  $P_{mtdc} - P_{min}$  でスロットル弁開度を先に制御して、本来変化の応

答性が悪い EGR ガス量を先に調整し、次に  $P_{max}$  が生じるクランク角を用いて主燃料噴射時期を調整することにより、運転モード切替時にも機関の燃焼状態を最適な状態に維持することが可能となる。

#### 【0044】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を用いて本発明の実施形態について説明する。

図1は、本発明の燃料噴射装置を自動車用ディーゼル機関に適用した場合の実施形態の概略構成を示す図である。

#### 【0045】

図1において、1は内燃機関（本実施形態では#1から#4の4つの気筒を備えた4気筒4サイクルディーゼル機関が使用される）、10aから10dは機関1の#1から#4の各気筒燃焼室に直接燃料を噴射する燃料噴射弁を示している。燃料噴射弁10aから10dは、それぞれ燃料通路（高圧燃料配管）を介して共通の蓄圧室（コモンレール）3に接続されている。コモンレール3は、高圧燃料噴射ポンプ5から供給される加圧燃料を貯留し、貯留した高圧燃料を高圧燃料配管を介して各燃料噴射弁10aから10dに分配する機能を有する。

#### 【0046】

図1に20で示すのは、機関の制御を行う電子制御ユニット（ECU）である。ECU20は、リードオンリメモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、マイクロプロセッサ（CPU）、入出力ポートを双方向バスで接続した公知の構成のマイクロコンピュータとして構成されている。ECU20は、本実施形態では、燃料ポンプ5の吐出量を制御してコモンレール3圧力を機関運転条件に応じて定まる目標値に制御する燃料圧制御を行っている他、機関運転状態に応じて燃料噴射の噴射時期及び噴射量を設定するとともに、後述する筒内圧センサ出力に基づいて算出した燃焼パラメータの値が、機関運転状態に応じて定められる目標値に一致するように燃料噴射量、噴射時期等をフィードバック制御する燃料噴射制御等の機関の基本制御を行う。

#### 【0047】

これらの制御を行なうために、本実施形態ではコモンレール3にはコモンレー

ル内燃料圧力を検出する燃料圧センサ 27 が設けられている他、機関 1 のアクセルペダル（図示せず）近傍にはアクセル開度（運転者のアクセルペダル踏み込み量）を検出するアクセル開度センサ 21 が設けられている。また、図 1 に 23 で示すのは機関 1 のカム軸の回転位相を検出するカム角センサ、25 で示すのはクランク軸の回転位相を検出するクランク角センサである。カム角センサ 23 は、機関 1 のカム軸近傍に配置され、クランク回転角度に換算して 720 度毎に基準パルスを出力する。また、クランク角センサ 25 は、機関 1 のクランク軸近傍に配置され所定クランク回転角毎（例えば 15 度毎）にクランク角パルスを発生する。

#### 【0048】

ECU 20 は、クランク角センサ 25 から入力するクランク回転角パルス信号の周波数から機関回転数を算出し、アクセル開度センサ 21 から入力するアクセル開度信号と、機関回転数とに基づいて燃料噴射弁 10a から 10d の燃料噴射時期と燃料噴射量とを算出する。

#### 【0049】

また、図 1 に 29a から 29d で示すのは、各気筒 10a から 10d に配置され、気筒燃焼室内の圧力を検出する公知の形式の筒内圧センサである。筒内圧センサ 29a から 29d で検出された各燃焼室内圧力は、AD コンバータ 30 を経て ECU 20 に供給される。

#### 【0050】

本実施形態では、コモンレール 3 の燃料圧力は ECU 20 により機関運転状態に応じた圧力に制御され、例えば 10 MPa から 150 MPa 程度の高圧で、しかも広い範囲で変化する。また、ディーゼル機関では一般に主燃料噴射に先だって比較的少量の燃料を 1 回または複数回気筒内に噴射するパイロット噴射が行われる。パイロット噴射で気筒内に噴射された燃料は、主燃料噴射の前に燃焼し、気筒内の温度圧力を主燃料噴射の燃焼に適した状態まで上昇させるため、パイロット噴射を行うことにより燃焼騒音を低減することができる。

#### 【0051】

また、本実施形態のように高圧燃料噴射を行うディーゼル機関では、主燃料噴

射の後に1回または複数回のアフター噴射を行う場合がある。アフター噴射は、主燃料噴射の燃料噴射量が多くなり、一度に噴射すると燃焼状態が悪化する場合や、筒内の燃焼圧変化を最適化するために行われる。

#### 【0052】

ディーゼル機関では、従来ガソリン機関ほど空燃比を正確に制御する必要が無いため、燃料噴射量の制御もあまり精度が要求されなかった。しかし、上記のように高圧の燃料噴射で、主燃料噴射以外にパイロット噴射、アフター噴射などのマルチ噴射が要求される。（本明細書では、主燃料噴射以外に行われるパイロット噴射、アフター噴射などをマルチ噴射と総称する。）

#### 【0053】

このため、ディーゼル機関では燃料噴射を高精度で行うことが必要となる。しかし、従来の燃料噴射制御は、基本的には機関運転条件（回転数、アクセル開度）に基づいて予め定めたマップから燃料噴射量、燃料噴射時期を決定するオープンループ制御であり、実際には燃料噴射圧力の高圧化に伴う燃料噴射時間の短縮化や、コモンレール式燃料噴射における燃料噴射中のコモンレール圧（燃料噴射圧）変動、使用に伴う燃料噴射弁の燃料噴射特性の変化など、燃料噴射量に誤差を生じる要因があり、燃料噴射量、噴射時期などをオープンループ制御で正確に制御することは困難である。

#### 【0054】

そこで、本実施形態では機関の燃焼状態を表すパラメータを用いて、このパラメータが機関運転状態に応じて設定された最適値（目標値）になるように燃料噴射量、噴射時期などをフィードバック制御することにより、機関の燃焼状態を最適な状態に維持するようにしている。

#### 【0055】

本実施形態では燃焼状態を表すパラメータとして、筒内圧センサ29aから29dで検出した燃焼室内圧力とクランク角とに基づいて算出されるパラメータを使用し、これらの燃焼室内圧力クランク角とに基づいて算出される燃焼室内の燃焼を表すパラメータを燃焼パラメータと称している。

#### 【0056】

ところで、燃焼室内圧力に基づいて算出される、燃焼状態を表すパラメータ、すなわち燃焼パラメータも無数に存在し、理論的にはこれらのいずれも燃料噴射量、噴射時期などのフィードバック制御に使用可能である。しかし、実際には機関の燃料噴射モード（主燃料噴射のみ、或いは主燃料噴射とマルチ噴射との組み合わせ）、燃焼モード（通常のディーゼル燃焼、或いは後述する低温燃焼など）によっては、使用する燃焼パラメータによりフィードバック制御の精度が大きく変化する可能性があることが判明している。

#### 【0057】

そこで、本実施形態では予め、燃焼状態と良好な相関を示す燃焼パラメータを複数種類設定しておき、その中から機関1の燃料噴射モード、或いは燃焼モードに応じて最も制御誤差が少なくなるものを選択して使用するようになっている。

燃料噴射モードや燃焼モードにかかわらず同一の燃焼パラメータを使用するのではなく、上記のように燃料噴射モードや燃焼モードに応じて最適な燃焼パラメータを複数種類の燃焼パラメータの中から選択して使用するようにしたことにより、本実施形態では、燃料噴射モードや燃焼モードの相違にかかわらず、常にディーゼル機関の最適な燃焼状態を維持することが可能となる。

#### 【0058】

以下、に本実施形態で使用する燃焼パラメータの例を示す。本実施形態では、以下の燃焼パラメータの中から燃料噴射モードや燃焼モードに応じて最適なものを選択して燃焼パラメータとして使用する。

#### 【0059】

(1) 燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値  $P_{max}$  と、この最大値が生じるクランク角（図2）

(2) 燃焼室内圧力のクランク角に対する変化率の最大値  $(dP/d\theta)_{max}$  が生じる時のクランク角

(3) 燃焼室内圧力の2階微分値の最大値  $(d^2P/d\theta^2)_{max}$  が生じる時のクランク角

(4) 燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積の最大値  $P V_{max}$  と、この最大値が生じる時のクランク角

(5) 上記  $P V_{max}$  と、 $P V_{max}$  が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積  $P V_{max base}$  との差  $\Delta P V_{max}$  ( $= P V_{max} - P V_{max base}$ ) (図7参照)

(6) 筒内熱発生率の最大値  $(dQ/d\theta)_{max}$  が生じるときのクランク角  
【0060】

(7) 筒内総発熱量  $\Sigma dQ$

(8) 燃焼開始後の筒内圧の最大値  $P_{max}$  と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の燃焼室内最小圧力  $P_{min}$  との差、 $P_{max} - P_{min}$

(9) 燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値  $P_{max}$  と、 $P_{max}$  が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力（モータリング圧力） $P_{max base}$  との差、 $P_{max} - P_{max base}$   
e

【0061】

(10) 主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるときの燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積  $P V_{main}$  と、主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積  $P V_{main base}$  との差 ( $P V_{main} - P V_{main base}$ ) (図10参照)

(11) 上記  $\Delta P V_{max}$  と、アフター噴射により噴射された燃料に着火が生じるときの燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積と、アフター噴射により噴射された燃料に着火が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積との差  $\Delta P V_{after}$  との差 ( $\Delta P V_{max} - \Delta P V_{after}$ )

(12) 圧縮行程上死点における燃焼室内圧力と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の燃焼室内最小圧力  $P_{min}$  との差  $P_{tdc} - P_{min}$

【0062】

以下、それぞれの燃焼パラメータについて簡単に説明する。

(1)  $P_{max}$  とそのときにクランク角 ( $C_{max}$ )

燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値は、通常、気筒圧縮行程上死点後に現れ、主燃料噴射により噴射された燃料の燃焼により最も筒内圧が上昇した時の筒内圧として表される。

図2は、一般的なディーゼル機関の吸気行程から膨張行程における筒内圧変化を示しており、縦軸は圧力を、横軸はクランク角を示している。

#### 【0063】

図2において、TDCは、圧縮行程における上死点（以下、単に上死点という）を表している。ディーゼル機関では、燃料は通常上死点直前付近で噴射され、ピストンが上死点通過後燃焼を開始するため、上死点後に筒内圧が大きく上昇する。Pmaxは、図2に示すように、燃焼開始後の燃焼室内圧力の最大値、CmaxはPmaxが生じたときのクランク角である。

Pmax、Cmaxは、筒内圧センサ29aから29dの出力を監視することにより容易に求められる。

#### 【0064】

本実施形態では、Pmaxは主燃料噴射の噴射量補正に、Cmaxは主燃料噴射の噴射時期補正に使用される。

すなわち、本実施形態では、機関運転状態、すなわち機関回転数とアクセル開度とを変えて機関を運転した場合の最適な燃焼状態におけるPmaxとCmaxの値（目標値）が予め実験により求められており、それぞれ機関回転数とアクセル開度とをパラメータとして用いた二次元マップの形で、ECU20のROMに予め格納されている。

#### 【0065】

機関運転中ECU20は筒内圧センサ29aから29dの出力にもとづいて各気筒のPmaxとCmaxとを求め、そのときの機関回転数とアクセル開度とから上記マップを用いてPmaxとCmaxとの目標値を読み出す。そして、Pmaxがその目標値に一致するように主燃料噴射の燃料噴射量を増減補正すると共に、Cmaxがその目標値に一致するように主燃料噴射の燃料噴射時期を補正する。

これにより、主燃料噴射の噴射量と噴射時期とが最適化され、機関の燃焼が最



適な状態に維持される。

#### 【0066】

(2)  $(dP/d\theta)_{max}$ が生じるときのクランク角

$(dP/d\theta)_{max}$ が生じるときのクランク角を燃焼パラメータとして用いて、 $(dP/d\theta)_{max}$ が生じるときのクランク角が目標値になるように燃料噴射時期を補正する。

#### 【0067】

燃焼室内に噴射された燃料が燃焼すると燃焼室内の圧力は上昇する。このため、燃焼室内圧力変化率  $(dP/d\theta)$  の値は、主燃料噴射、マルチ噴射などによる燃料噴射が行われる毎に増大し、各噴射に対応した数だけ  $(dP/d\theta)$  のピークが生じる。このため、各ピークにおける燃焼室内圧力変化率  $(dP/d\theta)$  の最大値(極大値)  $(dP/d\theta)_{max}$ が生じるクランク角を燃焼パラメータとして使用することにより各燃料噴射モードに応じてそれぞれの燃料噴射の噴射時期を補正することができる。

#### 【0068】

例えば主燃料噴射とマルチ燃料噴射とが行われる場合には、1行程サイクルに対して複数回の燃料噴射が行われる。この場合、燃焼圧そのものについても各燃料噴射により噴射された燃料の燃焼に対応する極大値が生じているはずであるが、燃焼室内の圧力上昇は各噴射によるものが相互に干渉しあっているため、各噴射毎の極大値  $(P_{max})$  を分離検出することは困難である。

これに対して、圧力変化率  $(dP/d\theta)$  はそれぞれの燃料噴射に対して明瞭なピーク値が現れる。このため、 $(dP/d\theta)_{max}$ が生じるクランク角を燃焼パラメータとして使用することにより、マルチ噴射が行われる場合も各噴射の噴射時期の正確な補正を行うことができる。

#### 【0069】

図3、図4は、噴射モードに応じた  $(dP/d\theta)_{max}$  の使い分けを説明する図である。例えば、1サイクル中に主燃料噴射とパイロット噴射、アフター噴射とが行われる機関では、それぞれの噴射に対応して圧力変化率のピーク値  $(dP/d\theta)_{max}$  も3つ発生する。図3の  $(dP/d\theta)_{max}$ 、 $(dP/d\theta)$

)  $\text{NO. } 2 \max$ 、 $(dP/d\theta) \text{NO. } 3 \max$ は、圧縮行程開始後に発生する圧力変化率のピーク値のうち、最初のもの、2番目のもの、3番目のものを意味している(図4参照)。

#### 【0070】

図3の第1列は燃料噴射モードを示している。本実施形態では、主燃料噴射にそれぞれ1回ずつのパイロット噴射及び／またはアフター噴射のマルチ噴射が組み合わされるため、考え得る燃料噴射モードの数は、主燃料噴射のみ、パイロット噴射＋主燃料噴射、主燃料噴射＋アフター噴射、パイロット噴射＋主燃料噴射＋アフター噴射、の4種類になる。

#### 【0071】

例えば、図3に示すように主燃料噴射のみが実施されている場合には、 $(dP/d\theta) \max$ の生じるクランク角を用いて主燃料噴射の噴射時期が補正される。

また、噴射モードが、パイロット噴射＋主燃料噴射である場合には $(dP/d\theta) \max$ の生じるクランク角を用いてパイロット燃料噴射の噴射時期が、また $(dP/d\theta) \text{NO. } 2 \max$ の生じるクランク角を用いて主燃料噴射の噴射時期が、それぞれ補正される。

#### 【0072】

また、例えば噴射モードがパイロット噴射＋主燃料噴射＋アフター噴射である場合には、それぞれ $(dP/d\theta) \max$ 、 $(dP/d\theta) \text{NO. } 2 \max$ 、 $(dP/d\theta) \text{NO. } 3 \max$ の生じるクランク角を用いて、パイロット燃料噴射、主燃料噴射、アフター噴射の噴射時期が補正される。

#### 【0073】

(3) 燃焼室内圧力の2階微分値の最大値 $(d^2P/d\theta^2) \max$ が生じるクランク角

燃焼室内圧力の2階微分の極大値 $(d^2P/d\theta^2) \max$ も、上記した圧力変化率の極大値と同様に各噴射毎に存在する。このため、 $(d^2P/d\theta^2) \max$ の生じるクランク角が機関運転状態に応じてあらかじめ定めた最適値になるように各噴射の燃料噴射量と噴射時期とをフィードバック制御することにより、

機関燃焼状態を最適な状態に維持することができる。

#### 【0074】

図5は、噴射モードに応じた  $(d^2P/d\theta^2)_{max}$  の使い分けを説明する図3と同様な図である。図5に示すように、 $(d^2P/d\theta^2)_{max}$  は、 $(dP/d\theta)_{max}$  と全く同様な使い分けをすることができる。また、例えば、特に燃料噴射時期を変化させたときの  $(dP/d\theta)_{max}$  のクランク角変化が鈍い場合には、 $(dP/d\theta)_{max}$  に代えて  $(d^2P/d\theta^2)_{max}$  を用いて噴射時期補正を行うと効果がある。

#### 【0075】

(4) 燃焼室内圧力  $P$  と燃焼室内実容積  $V$  との積の最大値  $PV_{max}$  と、この最大値が生じるときのクランク角

$PV_{max}$  は、後述する筒内発熱量との相関が大きく、特に燃料噴射モードが主燃料噴射のみである場合に精度の良い制御が可能となる。また、燃焼室内実容積  $V$  はクランク角の関数として予め算出、記憶しておくことができるため、筒内発熱量を用いる場合より ECU20 の計算負荷を軽減することができる。

#### 【0076】

本実施形態では、主燃料噴射のみが行われる場合に、 $PV_{max}$  の値が機関運転状態に応じて定めた最適値になるように主燃料噴射量を、また  $PV_{max}$  が生じるクランク角が機関運転状態に応じて定めた最適値になるように主燃料噴射時期を、それぞれフィードバック制御する。

#### 【0077】

(5) 上記  $PV_{max}$  と、 $PV_{max}$  が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力と燃焼室内実容積との積  $PV_{maxbase}$  との差  $\Delta PV_{max}$  ( $=PV_{max} - PV_{maxbase}$ )

#### 【0078】

図7は、 $\Delta PV_{max} = PV_{max} - PV_{maxbase}$  を説明する図2と同様な図である。図7実線は主燃料噴射のみの場合の  $PV$  値の変化を示している。燃焼室内圧力  $P$  と燃焼室内実容積  $V$  との積  $PV$  は、図7に示すように燃焼が生じ

ると圧力の上昇により大きく増大して上死点TDC後に最大値 $P V_{max}$ になる。

一方、図7点線は、燃焼が生じなかったと仮定した場合の $P V$ 値の変化、すなわち圧縮のみにより発生する燃焼室内圧力（モータリング圧力）を用いて計算した $P V$ 値（ $P V_{base}$ ）を示している。 $P V_{max base}$ は、 $P V_{max}$ が生じるクランク角における $P V_{base}$ の値として算出される。

#### 【0079】

$\Delta P V_{max}$ は、燃料噴射モードが主燃料噴射のみの場合だけでなく、パイロット噴射やアフター噴射があるとき等、全ての燃料噴射モードにおいて合計燃料噴射量（総燃料噴射量）を補正するのに使用することができる。本実施形態においては、各燃料噴射の時期については、 $(dP/d\theta)_{max}$ または $(d^2P/d\theta^2)_{max}$ が生じるクランク角が目標値に一致するように補正を行う。

#### 【0080】

(6) 筒内熱発生率の最大値 $(dQ/d\theta)_{max}$ が生じるときのクランク角  
筒内熱発生率は、筒内圧センサ29aから29dで検出した筒内圧 $P$ と、実筒内容積 $V$ とを用いて、以下の式で表される。

$$dQ/d\theta = (\kappa \cdot P \cdot (dV/d\theta) + V (dP/d\theta)) / (\kappa - 1)$$

ここで、 $P$ 、 $V$ は $\theta$ の関数であり $\kappa$ は混合気の比熱比を表している。

#### 【0081】

筒内熱発生率 $(dQ/d\theta)$ の値は、主燃料噴射、マルチ噴射などにより噴射された燃料が燃焼する毎に増大し、前述した $(dP/d\theta)$ の場合と同様に各噴射に対応した数だけのピークが生じる。このため、各ピーク $(dQ/d\theta)_{max}$ が生じるクランク角を燃焼パラメータとして使用することにより各燃料噴射モードに応じてそれぞれの燃料噴射時期を補正することができる。

#### 【0082】

ECU20は、クランク角センサ25で検出したクランク角と、そのクランク角における実容積、及び筒内圧センサ29aから29dで検出した各気筒の筒内圧を用いて、一定クランク角毎に差分計算を行い、近似的に各クランク角毎に $(dQ/d\theta)$ の値を求め、算出した $(dQ/d\theta)$ の値の極大値としての $(dQ$

$\text{d}\theta) \text{max}$ が生じるクランク角とを求める。

【0083】

前述したように、 $(\text{d}Q/\text{d}\theta) \text{max}$ は、 $(\text{d}P/\text{d}\theta) \text{max}$ の場合と同様に1サイクル当たりの燃料噴射の回数と同じだけ存在する。

図6は、燃料噴射モードに応じた $(\text{d}Q/\text{d}\theta) \text{max}$ の使い分けを示す。図6に置いて、 $(\text{d}Q/\text{d}\theta) \text{max}$ 、 $(\text{d}Q/\text{d}\theta) \text{NO. 2max}$ 、 $(\text{d}Q/\text{d}\theta) \text{NO. 3max}$ は、それぞれ $(\text{d}Q/\text{d}\theta)$ の1回目、2回目、3回目の極大値を意味している。図6の $(\text{d}Q/\text{d}\theta) \text{max}$ の使い分けは、図3の $(\text{d}P/\text{d}\theta) \text{max}$ の場合と全く同様であるのでここでは詳細な説明は省略する。

【0084】

(7) 筒内総発熱量 $\Sigma \text{d}Q$

筒内総発熱量 $\Sigma \text{d}Q$ は、は前述の $(\text{d}Q/\text{d}\theta)$ の値を1行程サイクルにわたって積算することにより求められる。 $\Sigma \text{d}Q$ は燃焼室内に供給された総燃料量に相当するため、例えば主燃料噴射だけでなく、パイロット噴射やアフター噴射を含む燃料噴射モードにおいても総燃料噴射量の補正に使用することができる。なお、噴射時期は別途前述の何れかの方法により補正する。

【0085】

(8) 燃焼開始後の筒内圧の最大値 $P \text{max}$ と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の燃焼室内最小圧力 $P \text{min}$ との差、 $P \text{max} - P \text{min}$

図8は、 $P \text{max}$ と $P \text{min}$ とを示す図2と同様な図である。この場合、 $P \text{max} - P \text{min}$ の値が目標値になるように主燃料噴射量をフィードバック制御し、 $P \text{max}$ が生じるクランク角 $C \text{max}$ が目標値になるように主燃料噴射時期を制御する。 $P \text{max} - P \text{min}$ は、燃料噴射モードが主燃料噴射のみの場合に適している。

【0086】

(9) 燃焼開始後の筒内圧の最大値 $P \text{max}$ と、 $P \text{max}$ が生じるクランク角において、燃焼が生じなかったと仮定した場合の圧縮のみによる燃焼室内圧力(モータリング圧力) $P \text{max base}$ との差、 $P \text{max} - P \text{max base}$

【0087】

図9は、 $P_{max}$ と $P_{maxbase}$ とを示す、図2と同様な図である。図9に示すように、 $P_{maxbase}$ は、 $P_{max}$ が生じるクランク角 $C_{max}$ における、燃焼が生じなかったと仮定した場合の燃焼室内圧力の変化、すなわち圧縮のみにより発生する燃焼室内圧力（モータリング圧力）である。 $P_{maxbase}$ は計算により求めることもできるが、図9に示すように、モータリング圧力は圧縮上死点に対して左右対称になるため、本実施形態では圧縮上死点TDCに対して $C_{max}$ と対称な圧縮行程クランク角 $C'_{max}$ における筒内圧センサで検出した圧力を $P_{maxbase}$ として使用する。

#### 【0088】

$P_{max} - P_{maxbase}$ は、上述の $P_{max} - P_{min}$ と同様に燃料噴射モードが主燃料噴射のみの場合に、主燃料噴射の燃料噴射量を補正するのに使用するが、図9に示したように燃焼室内圧力変化において上死点後に最小圧力 $P_{min}$ が現れないような場合の燃料噴射量補正に特に適している。また、本実施形態においても、主燃料噴射の噴射時期は $P_{max}$ が生じるクランク角 $C_{max}$ が目標値に一致するように補正を行う。

#### 【0089】

##### (10) $PV_{main} - PV_{mainbase}$

図10は、燃焼パラメータ $PV_{main} - PV_{mainbase}$ を説明する図である。図10において、横軸はクランク角、縦軸は各クランク角における燃焼室内圧力 $P$ と燃焼室実容積 $V$ との積 $PV$ を表している。

図10は主燃料噴射に加えてパイロット噴射が行われた場合を示している。

図10に示すように、 $PV$ 値は、パイロット噴射により噴射された燃料に着火が生じたとき（図10、点P）と主燃料噴射により噴射された燃料に着火が生じたとき（同、M点）に、それぞれ急激に上昇する。

#### 【0090】

図10に示すように $PV_{main}$ は、主燃料噴射の燃料に着火が生じたとき（M点）の $PV$ 値である。また、 $PV_{mainbase}$ は、主燃料噴射の燃料に着火が生じたとき（M点）のクランク角における、圧縮のみで得られる燃焼室内圧力（モータリング圧力） $P_{mainbase}$ と燃焼室実容積 $V$ との積である。

PVmainの値は、PV値の2回微分値が正になる点として容易に検出することができ、そのときのクランク角からモータリング圧力Pmainbaseが求まり、このPmainbaseと燃焼室実容積Vとを用いてPVmainbaseが算出される。

PVmain-PVmainbaseは、パイロット噴射が行われている場合のパイロット噴射量の補正に特に適している。

#### 【0091】

$$(11) \Delta PV_{\max} - \Delta PV_{\text{after}}$$

図14は $\Delta PV_{\max} - \Delta PV_{\text{after}}$ を説明する図10と同様な図である。

図14は、主燃料噴射に加えてパイロット噴射とアフター噴射とが行われた場合を示している。このため、図14では、PV値が急激に増大する点が3箇所（図14、P、M、Aの各点）となっている。また、PVの最大値 $PV_{\max}$ が生じるクランク角は、主燃料噴射の燃料の燃焼開始後にアフター噴射が行われる時点となっている。

#### 【0092】

前述したように、 $\Delta PV_{\max}$ は、PVの最大値 $PV_{\max}$ と、 $PV_{\max}$ が生じるクランク角におけるモータリング時のPV値 $PV_{\max \text{ base}}$ との差として求められる。

また、 $\Delta PV_{\text{after}}$ は、アフター噴射による燃料が燃焼を開始したとき、すなわち図14では燃焼開始後3番目に生じるPV値の急増開始点（A点）における筒内圧センサで検出した燃焼室内圧力とそのときの燃焼室実容積との積 $PV_{\text{after}}$ とA点のクランク角におけるモータリング時のPV値である $PV_{\text{after base}}$ との差として求められる。

#### 【0093】

すなわち、

$$\Delta PV_{\max} = PV_{\max} - PV_{\max \text{ base}}$$

$$\Delta PV_{\text{after}} = PV_{\text{after}} - PV_{\text{after base}}$$

となる。

燃焼パラメータ  $\Delta P V_{\max} - \Delta P V_{\text{after}}$  は、アフター噴射が行われる場合のアフター噴射量の補正に特に適している。

#### 【0094】

(12) 圧縮行程上死点における圧縮による燃焼室内圧力  $P_{\text{mtdc}}$  と圧縮上死点後燃焼室内で燃焼が開始されるまでの間の燃焼室内最小圧力  $P_{\text{min}}$  との差  $P_{\text{mtdc}} - P_{\text{min}}$

#### 【0095】

図11は、燃料噴射量を一定に維持しながら EGR ガス量を調整して燃焼空燃比を変化させた場合の燃焼室内圧力変化を示す図2と同様な図である。燃料噴射量を一定に維持した場合、空燃比の変化にかかわらず燃焼圧力最大値  $P_{\text{max}}$  はほとんど変化しないが、圧縮上死点における燃焼室内圧力と上死点後燃焼開始までの間の燃焼室内最小圧力  $P_{\text{min}}$  との差は空燃比に応じて変化する。

#### 【0096】

このため、圧縮行程上死点における圧縮による燃焼室内圧力  $P_{\text{mtdc}}$  と上死点後の最小圧力  $P_{\text{min}}$  との差  $P_{\text{mtdc}} - P_{\text{min}}$  を燃焼パラメータとして用いて、この値が目標値になるように EGR 量（例えばスロットル弁開度）を制御することにより燃焼空燃比を最適に制御することが可能となる。また、この場合には、主燃料噴射量、主燃料噴射時期は  $P_{\text{max}}$  と  $P_{\text{max}}$  が生じるクランク角とを用いて制御する。

#### 【0097】

なお、 $P_{\text{mtdc}}$  は圧縮行程上死点における燃焼が生じていない状態での圧力、すなわち筒内での圧縮のみによる圧力である必要がある。このため、パイロット燃料噴射による燃焼などが開始されているような場合に誤差が生じるのを防止するために、 $P_{\text{mtdc}}$  として以下の計算式による計算値を用いる。

#### 【0098】

$$P_{\text{mtdc}} = P_{\text{bdc}} \cdot (\epsilon)^\kappa = P_{\text{m}} \cdot (\epsilon)^\kappa$$

ここで、 $P_{\text{bdc}}$  は吸気行程下死点における燃焼室内圧力で、吸気管圧力（過給圧） $P_{\text{m}}$  に略等しい。また、 $\epsilon$  は気筒の圧縮比、 $\kappa$  は混合気の比熱比であり実験により予め求めておくことが好ましい。



後述するように、 $P_{max}$ と $P_{mtdc}-P_{min}$ との2つの燃焼パラメータを用いた制御は、通常燃焼と低温燃焼との間の燃焼モード切り換え時などの過渡時に特に有効である。

#### 【0099】

なお、上述した燃焼パラメータ以外にも、以下に示す燃焼パラメータが使用可能であることが判明している。

##### (a) $P_{max}-P_{mtdc}$

$P_{max}$ 、 $P_{mtdc}$  (図11参照) はそれぞれ上述したが、 $P_{max}-P_{mtdc}$  は、主燃料噴射のみが行われるときの総燃料噴射量 (主燃料噴射量) の補正に使用することができる。

#### 【0100】

##### (b) $P_{Vmain}$

$P_{Vmain}$ については、図10で $P_{Vmain}-P_{Vmainbase}$ を燃焼パラメータとして使用する場合について説明したが、 $P_{Vmain}$ は、主燃料噴射の燃料が着火する直前の筒内の熱量を表しているため、 $P_{Vmain}$ が運転状態に応じて予め定めた値になるように、パイロット噴射量を補正することにより、パイロット噴射量を適切な値に制御することができる。

#### 【0101】

##### (c) $P_{main}-P_{mainbase}$

$P_{main}$ 、 $P_{mainbase}$ は、それぞれ主燃料噴射の燃料が着火するときの燃焼室内圧力及び、この $P_{main}$ が生じるクランク角におけるモータリング圧力である (図15参照)。 $P_{main}-P_{mainbase}$ も $P_{Vmain}-P_{Vmainbase}$ と同様に、パイロット噴射量の補正に適している。

#### 【0102】

##### (d) $\Sigma dQ_{main}$

$\Sigma dQ_{main}$ は、は前述した筒内熱発生率 ( $dQ/d\theta$ ) の値を圧縮行程開始時から主燃料噴射による燃料が着火するときまで積算した値 (積分値) である。 $\Sigma dQ_{main}$ は主燃料噴射の燃料が燃焼を開始する前に燃焼室内に供給された総熱量に相当するため、例えばパイロット噴射を含む燃料噴射モードでは、パ

イロット噴射の噴射量に相当する。このため、 $\Sigma dQ_{main}$ を燃焼パラメータとして使用することによりパイロット噴射量を適切に補正することができる。

#### 【0103】

(e)  $\Sigma dQ - \Sigma dQ_{after}$

$\Sigma dQ$ は、前述した筒内総発熱量、 $\Sigma dQ_{after}$ は、圧縮行程開始からアフター噴射の燃料が着火するときまでの筒内熱発生率 ( $dQ/d\theta$ ) の積算値 (積分値) である。 $\Sigma dQ_{after}$ はアフター噴射の燃料が燃焼を開始するまでに燃焼室内に供給された熱量の合計に相当するので、 $\Sigma dQ - \Sigma dQ_{after}$ は、アフター噴射のみによって燃焼室内に供給される熱量の合計、すなわちアフター噴射の燃料噴射量に相当する。このため、 $\Sigma dQ - \Sigma dQ_{after}$ を燃焼パラメータとして使用することによりアフター噴射の噴射量を適切に補正することができる。

#### 【0104】

次に、図12のフローチャートを用いて、本実施形態の燃料噴射補正操作について説明する。

図12の操作はECU20により実行される。以下に図12の各ステップの操作を説明する。

#### 【0105】

ステップ1201:

ステップ1201は制御操作実行条件が成立しているか否かの判断を示す。ステップ1201では、機関の累計運転時間、或いは車両の累計走行距離に基づいて、ステップ1203以下の制御操作を実行するか否かを決定する。

例えば、機関が稼働を開始してからの累計運転時間が所定値に到達していない場合 (或いは車両の走行距離が所定値に到達していない場合) には、機関各部の初期フリクションが大きいと、噴射量、噴射時期の補正を行うと誤差を生じる可能性がある。従って、図12の制御操作は機関の累計運転時間が所定時間以上である場合にのみ実行する。

#### 【0106】

ステップ1203:

ステップ 1 2 0 3 では、筒内圧センサ 2 9 a から 2 9 d の較正を行う。ここでは、筒内圧センサのゼロ点のずれ（オフセット）とゲインの較正を行う。

#### 【0 1 0 7】

図 1 3 は、筒内圧センサの較正を説明する図である。

図 1 3 において、横軸はクランク角、縦軸は筒内圧を示す。また横軸の B D C は吸気行程の下死点を、T D C は圧縮行程の上死点を示す。また、C R は圧縮行程中の燃焼が開始される前の適宜なクランク角である。

#### 【0 1 0 8】

図 1 3 の実線は、筒内圧センサの実際の出力の変化、点線は真の筒内圧の変化、をそれぞれ示している。また、P R 1、P C 1 で示すのは、吸気行程下死点 B D C における、それぞれ筒内圧センサの出力と真の筒内圧、P R 2、P C 2 で示すのは、クランク C R における筒内圧センサの出力と真の筒内圧である。

#### 【0 1 0 9】

ここで、真の筒内圧 P C 1 と P C 2 とが判れば、筒内圧センサのオフセット  $\Delta P R$  は、 $\Delta P R = P C 1 - P R 1$  として、またゲインのずれ K は、 $K = P C 2 / (P R 2 + \Delta P R)$  として求まり。

筒内圧センサの出力が P R であるときの真の筒内圧は P C は、

$P C = K \cdot (P R + \Delta P R)$  として求めることができる。

ここで、P C 1 は、吸気行程下死点における筒内圧であり、略吸気圧（過給圧）P m に等しい。従って、オフセット  $\Delta P R$  は、 $\Delta P R = P m - P R 1$  となる。

#### 【0 1 1 0】

またクランク角 C R における真の筒内圧 P C 2 は、 $P C 1 = P m$  を用いて、 $P C 2 = P m \cdot (\epsilon_{c r})^{\kappa}$  として算出される。ここで、 $\epsilon_{c r}$  はクランク角 C R における圧縮比、 $\kappa$  は混合気の比熱比である。すなわち、ゲインずれ K の値は、

$K = P m \cdot (\epsilon_{c r})^{\kappa} / (P R 2 + \Delta P R)$  として求められる。

#### 【0 1 1 1】

本実施形態では、E C U 2 0 は制御操作を実行する前に、吸気行程下死点とクランク角 C R とにおける各筒内圧センサ出力と、機関過給圧 P m とに基づいて上記のオフセット  $\Delta P R$  とゲイン K とを求め、以下の操作では各筒内圧センサ出力

PRを、真の筒内圧PC ( $PC = K \cdot (PR + \Delta PR)$ ) に換算して使用する。

#### 【0112】

ステップ1205:

ステップ1205では、機関回転数Neとアクセル開度Accpとが、それぞれ回転数センサ25とアクセル開度センサ21とから読み込まれる。NeとAccpとは、後述する燃焼パラメータの目標値を設定するために用いられる。なお、本実施形態では、主燃料噴射とマルチ燃料噴射との燃料噴射及び燃料噴射時期は、別途ECU20により行われる図示しない燃料噴射制御操作によりNeとAccpとに基づいて算出される。

#### 【0113】

ステップ1207:

ステップ1207では、現在の機関の燃料噴射モード（主燃料噴射のみ、または主燃料噴射＋マルチ燃料噴射等）に基づいて、最も誤差の少ない燃焼パラメータが選択される。

#### 【0114】

本実施形態では例えば前述の11の燃焼パラメータの中から燃料噴射モードに応じて選択された燃焼パラメータの値が算出される。例えば現在の燃料噴射モードが主燃料噴射のみである場合にはPmax、PVmaxなどが燃焼パラメータとして選択され、例えば現在の燃料噴射モードが、パイロット噴射＋主燃料噴射＋アフター噴射のマルチ燃料噴射である場合には、PVmain-PVmainbase、 $\Delta PVmax$ 、 $\Delta PVmax - \Delta PVafter$ 等が各燃料噴射量補正用の燃焼パラメータとして、また、 $(dP/d\theta)max$ 、 $(dQ/d\theta)max$ 等が各燃料噴射の燃料噴射時期補正用に、それぞれ選択される。

#### 【0115】

ステップ1209、ステップ1211:

ステップ1209とステップ1211とでは、まず総燃料噴射量と主燃料噴射の噴射時期とが補正される。すなわち、ステップ1209ではまず、ステップ1207で選択された燃焼パラメータ（例えば $\Delta PVmax$ ）の大きさが筒内圧センサ出力に基づいて算出され、この $\Delta PVmax$ が、機関回転数Neとアクセル

開度  $A_{ccp}$  とから定まる  $\Delta P_{Vmax}$  の目標値に一致するまで総燃料噴射量が増減補正される。

なお、燃焼パラメータの目標値は、予め実験等により求めてあり、ECU20のROMに  $N_e$  と  $A_{ccp}$  とを用いた数値マップとして格納してある。

#### 【0116】

また、ステップ1211では、同様に燃焼パラメータとして選択された状態（例えば  $dP/d\theta_{max}$ ）が生じるクランク角が筒内圧センサ出力に基づいて検出され、このクランク角が回転数  $N_e$  とアクセル開度  $A_{ccp}$  とから定まる目標値に一致するまで主燃料噴射の噴射時期が補正される。

#### 【0117】

ステップ1213:

ステップ1213は、マルチ噴射を実行している場合のマルチ噴射の噴射量、噴射時期の補正を示す。本ステップでは例えばパイロット噴射及び／またはアフター噴射の噴射量と噴射時期とが、 $P_{Vmain} - P_{Vmainbase}$ 、 $\Delta P_{Vmax} - \Delta P_{Vafter}$ 、 $(dP/d\theta)_{max}$ 、 $(dP/d\theta)_{NO.3max}$  等の燃焼パラメータがそれぞれの目標値に一致するまで補正される。

#### 【0118】

具体的な補正は、主燃料噴射と同様であるためここでは詳細な説明は省略するが、本実施形態ではまず、総燃料噴射量、主燃料噴射の噴射時期などを補正してから、次にマルチ噴射（パイロット噴射、アフター噴射）の噴射時期、噴射圧を補正するようにしている。これは、マルチ噴射を行っている場合であっても、総燃料噴射量は出力トルクに最も大きい影響を与えるため、まず総燃料噴射量を最適に補正し、その後主燃料噴射の噴射量、噴射時期を最適に補正することにより機関の燃焼状態を理想的な状態に近づけ、その後にマルチ噴射の噴射量、噴射時期を補正することにより燃焼状態の微調整が行うようにしたものである。

上述のように、図12の補正操作を行うことにより、各燃料噴射の噴射量と噴射時期、噴射圧が適切な値に補正され、機関の燃焼状態が最適化される。

#### 【0119】

次に本発明の別の実施形態について説明する。

本実施形態では、燃焼モードの切り換えの過渡時における燃料噴射制御を行う。本実施形態では、機関 1 は、通常のディーゼル燃焼モード、すなわち圧縮行程終期に燃料噴射を行い、空燃比の高い燃焼を行う燃焼モードと、低温燃焼モード、すなわち、燃料噴射時期を大幅に進角して気筒内に予混合気を形成するとともに、EGR ガス量を大幅に増大して空燃比の低い燃焼を行う燃焼モードとの 2 つの燃焼モードを切り換えて運転する。また、燃焼モードの切り換えの際には、燃焼パラメータを用いて燃料噴射のフィードバック制御とともに、機関吸気通路に設けられたスロットル弁をフィードバック制御して吸入空気量を調節し、空燃比を最適化する。

#### 【0120】

図 11 で説明したように、燃焼パラメータのうち ( $P_{mtdc} - P_{min}$ ) と空燃比とは良好な相関がある。通常ディーゼル燃焼モードと低温燃焼モードとの切り換え時には、空燃比と燃料噴射時期とが大きく変化する。ここで、空燃比はスロットル弁の開度を増減して EGR ガス量を変化させることにより調整されるが、EGR ガス量の変化は比較的時間がかかるのに対して、燃料噴射時期は短時間で変更可能である。このため、本実施形態では、切り換え時にまず、燃焼パラメータとして  $P_{max}$  を用いて燃料噴射量を補正し、次にスロットル弁開度を燃焼パラメータ ( $P_{mtdc} - P_{min}$ ) を用いて補正し、スロットル弁開度の補正後に  $P_{max}$  が生じるクランク角を燃焼パラメータとして用いて燃料噴射時期を補正する。

#### 【0121】

このように、本来変化速度の遅い EGR ガス量をまず補正してから噴射時期を補正するようにしたのは、切り換え時の初期には一般に燃料噴射時期の変化に対して燃焼パラメータの変化が小さくなり感度が低くなること、及び空燃比と噴射時期とを同時に制御した場合に制御の発散が生じる問題を防止するためである。

#### 【0122】

図 16 は燃焼モード切り換え制御操作の概略を示すフローチャートである。本操作は、ECU20 により実行される。

図 16 の操作では、ステップ 1601 でまず機関回転数  $N_e$  とアクセル開度  $A$

c c p とが、それぞれ回転数センサ 25 とアクセル開度センサ 21 とから読み込まれ、ステップ 1603 では筒内圧センサ出力に基づいて  $P_{max}$  が算出される。そして、ステップ 1605 では、この  $P_{max}$  の値が機関回転数  $N_e$  とアクセル開度  $A_{ccp}$  とから定まる  $P_{max}$  目標値に一致するまで燃料噴射量がフィードバック制御される。

#### 【0123】

そしてステップ 1605 の燃料噴射量のフィードバック制御が完了後、ステップ 1607 では筒内圧センサ出力に基づいてパラメータ ( $P_{mtdc} - P_{min}$ ) が算出され、ステップ 1609 では、( $P_{mtdc} - P_{min}$ ) の値が機関回転数  $N_e$  とアクセル開度  $A_{ccp}$  とから定まる目標値に一致するまでスロットル弁開度がフィードバック制御される。

#### 【0124】

そしてステップ 1609 でスロットル弁開度調整を終了した後、ステップ 1611 では、再度  $P_{max}$  の値が目標値に収束しているか否かを判断し、 $P_{max}$  が目標値から所定量以上離れている場合には、再度ステップ 1601 からの操作を実行する。

ステップ 1611 で  $P_{max}$  が目標値に収束している場合には、次にステップ 1613 に進み、筒内圧センサ出力から  $P_{max}$  が生じているクランク角を算出し、このクランク角が機関回転数  $N_e$  とアクセル開度  $A_{ccp}$  とから定まる目標値に一致するまで燃料噴射時期をフィードバック制御する。

図 16 の切り換え制御を行うことにより、燃焼モード切り換えなどの過渡運転時にも、機関燃焼状態は最適に制御されるようになる。

#### 【0125】

##### 【発明の効果】

各請求項に記載の発明によれば、筒内圧センサ出力に基づいて算出される複数種類の燃焼パラメータの中から、燃料噴射モードや燃焼モードに応じて最適なパラメータを選択して燃料噴射指令値のフィードバック制御を行うようにしたことにより、燃料噴射モードや燃焼モードにかかわらず機関の燃焼状態を最適な状態に維持することが可能となる共通の効果を奏する。

**【図面の簡単な説明】****【図 1】**

本発明の燃料噴射装置を自動車用ディーゼル機関に適用した場合の実施形態の概略構成を示す図である。

**【図 2】**

燃焼パラメータ  $P_{max}$  を説明する図である。

**【図 3】**

燃焼パラメータ  $(dP/d\theta)_{max}$  の噴射モードに応じた使い分けを説明する図である。

**【図 4】**

燃焼パラメータ  $(dP/d\theta)_{max}$  を説明する図である。

**【図 5】**

燃焼パラメータ  $(d^2P/d\theta^2)_{max}$  の噴射モードに応じた使い分けを説明する図である。

**【図 6】**

燃焼パラメータ  $(dQ/d\theta)_{max}$  の噴射モードに応じた使い分けを説明する図である。

**【図 7】**

燃焼パラメータ  $\Delta P V_{max}$  を説明する図である。

**【図 8】**

燃焼パラメータ  $(P_{max} - P_{min})$  を説明する図である。

**【図 9】**

燃焼パラメータ  $(P_{max} - P_{maxbase})$  を説明する図である。

**【図 10】**

燃焼パラメータ  $P V_{main} - P V_{mainbase}$  を説明する図である。

**【図 11】**

燃焼パラメータ  $P_{mtdc} - P_{min}$  を説明する図である。

**【図 12】**

本発明の燃料噴射補正操作の一実施形態を説明するフローチャートである。



【図 13】

筒内圧センサの校正原理を説明する図である。

【図 14】

燃焼パラメータ  $\Delta P V_{max} - \Delta P V_{after}$  を説明する図である。

【図 15】

燃焼パラメータ  $P_{main} - P_{mainbase}$  を説明する図である。

【図 16】

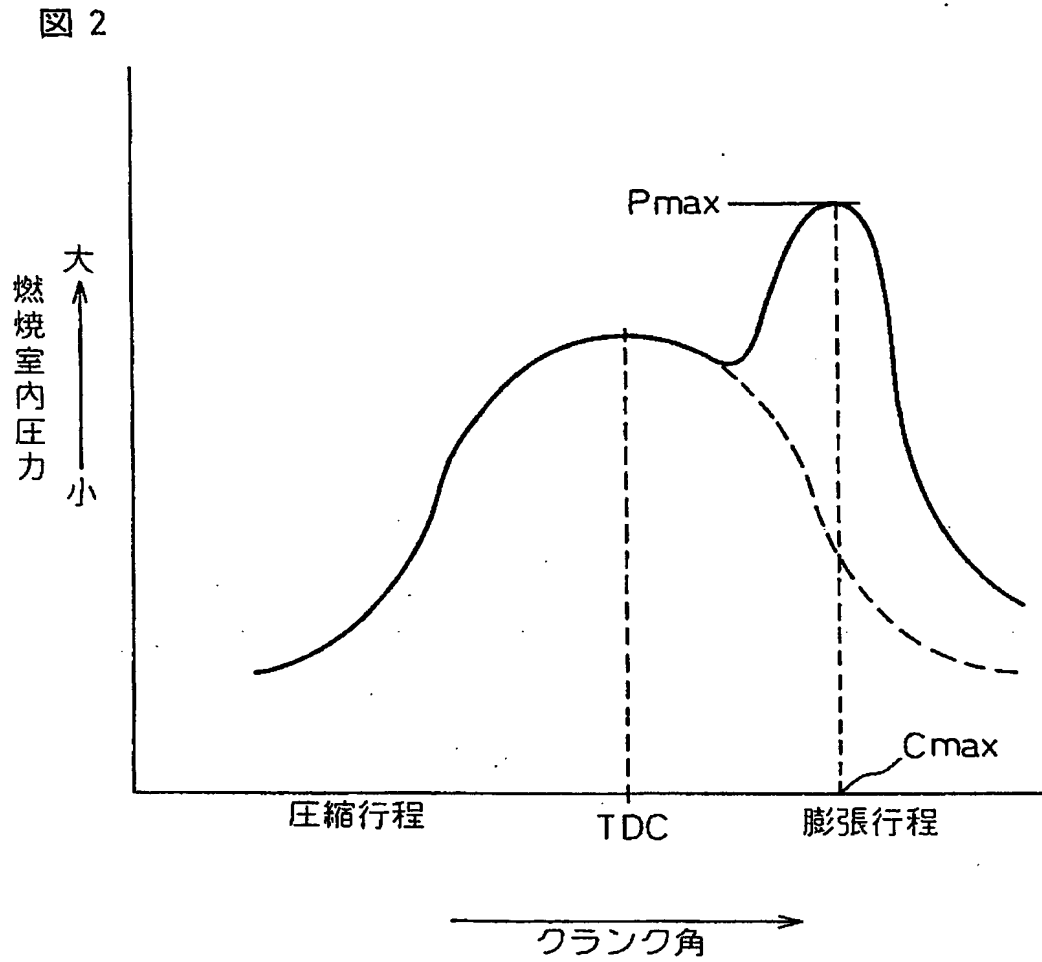
燃焼モード切り換え時の燃料噴射制御操作を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

- 1…ディーゼル機関
- 3…コモンレール
- 10a～10d…筒内燃料噴射弁
- 20…電子制御ユニット（ECU）
- 21…アクセル開度センサ
- 25…クランク角センサ
- 29a～29d…筒内圧センサ



【図 2】



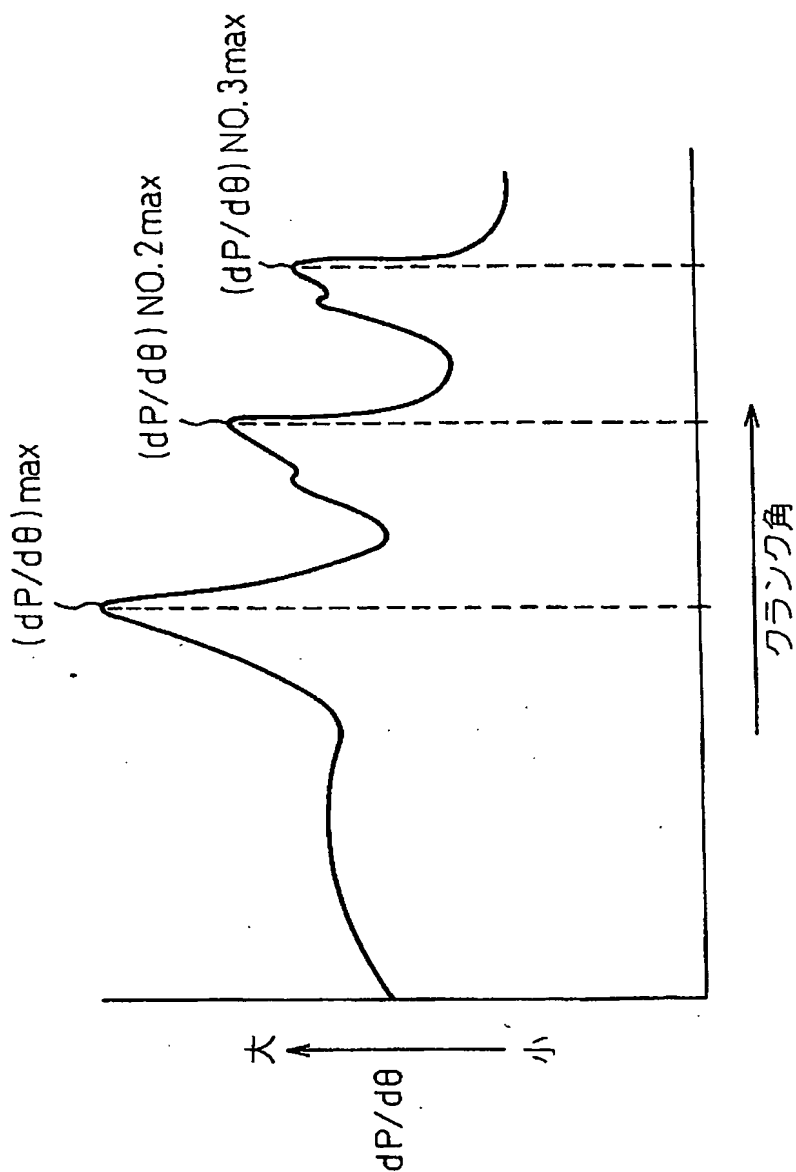
【図 3】

図 3

燃焼パラメータ 噴射モード	( $dP/d\theta$ ) max	( $dP/d\theta$ ) NO.2max	( $dP/d\theta$ ) NO.3max
主燃料噴射のみ	主燃料噴射 噴射時期	—	—
パイロット噴射 + 主燃料噴射	パイロット噴射 噴射時期	主燃料噴射 噴射時期	—
主燃料噴射 + アフター噴射	主燃料噴射 噴射時期	アフター噴射 噴射時期	—
パイロット噴射 + 主燃料噴射 + アフター噴射	パイロット噴射 噴射時期	主燃料噴射 噴射時期	アフター噴射 噴射時期

【図4】

図4



【図 5】

図 5

燃焼パラメータ 噴射モード	(d2P/dθ2)max	(d2P/dθ2)NO.2max	(d2P/dθ2)NO.3max
主燃料噴射のみ	主燃料噴射 噴射時期	—	—
パイロット噴射 + 主燃料噴射	パイロット噴射 噴射時期	主燃料噴射 噴射時期	—
主燃料噴射 + アフター噴射	主燃料噴射 噴射時期	アフター噴射 噴射時期	—
パイロット噴射 + 主燃料噴射 + アフター噴射	パイロット噴射 噴射時期	主燃料噴射 噴射時期	アフター噴射 噴射時期

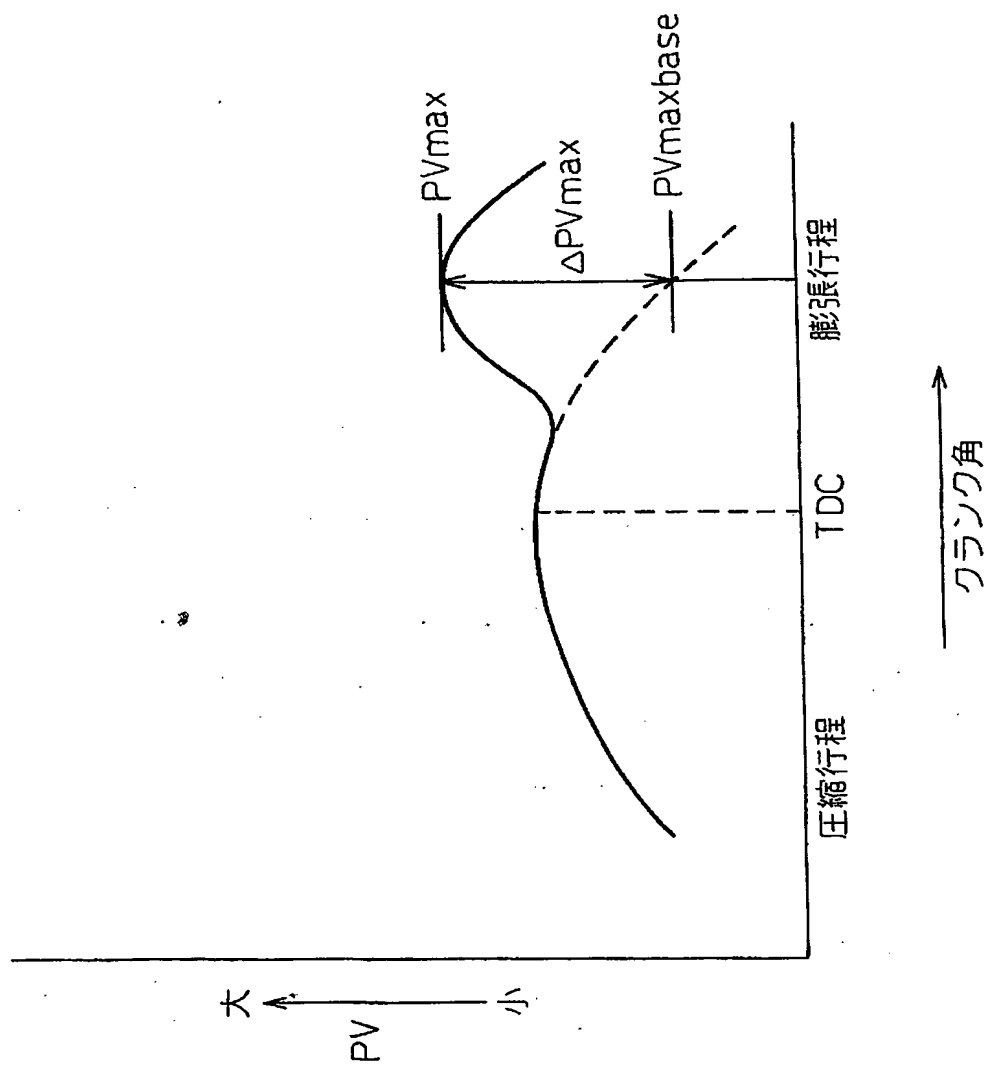
【図 6】

図 6

燃焼パラメータ 噴射モード	$(dQ/d\theta)_{\max}$	$(dQ/d\theta)_{NO.2\max}$	$(dQ/d\theta)_{NO.3\max}$
主燃料噴射のみ	主燃料噴射 噴射時期	—	—
パイロット噴射 + 主燃料噴射	パイロット噴射 噴射時期	主燃料噴射 噴射時期	—
主燃料噴射 + アフター噴射	主燃料噴射 噴射時期	アフター噴射 噴射時期	—
パイロット噴射 + 主燃料噴射 + アフター噴射	パイロット噴射 噴射時期	主燃料噴射 噴射時期	アフター噴射 噴射時期

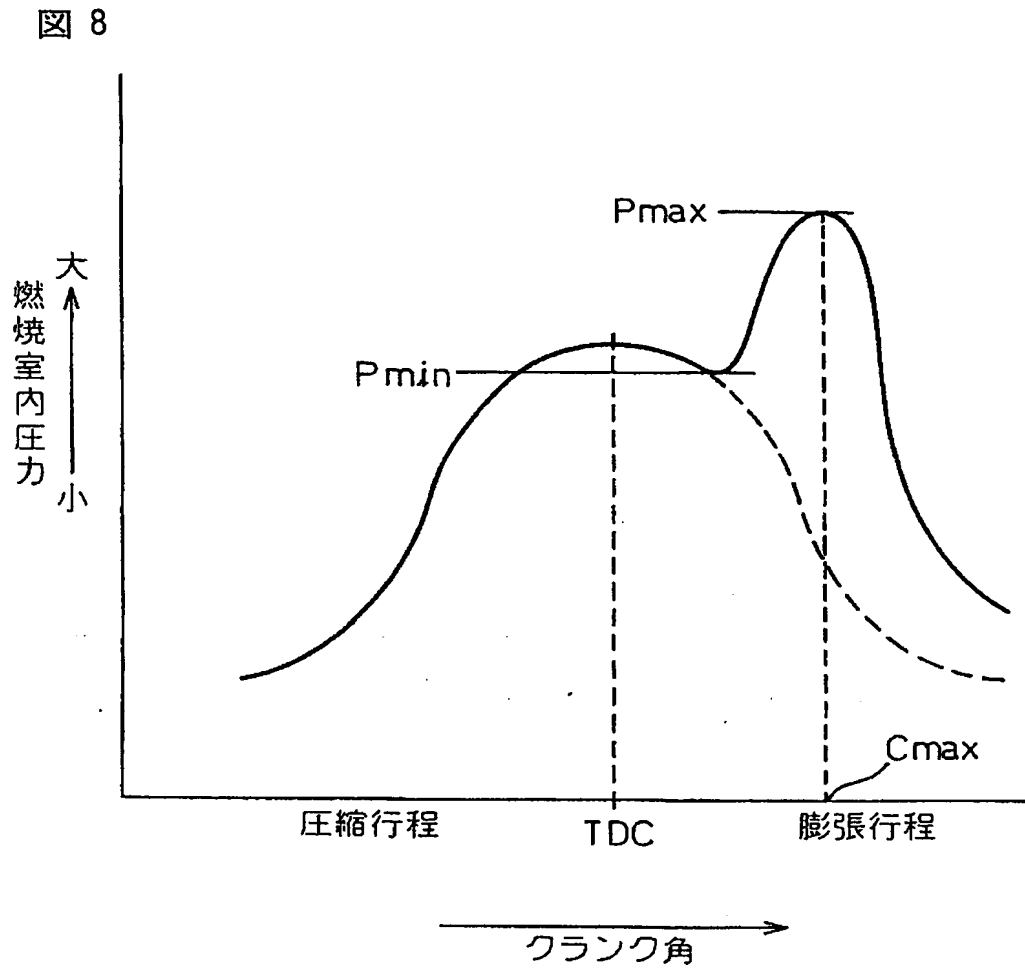
【図 7】

図 7



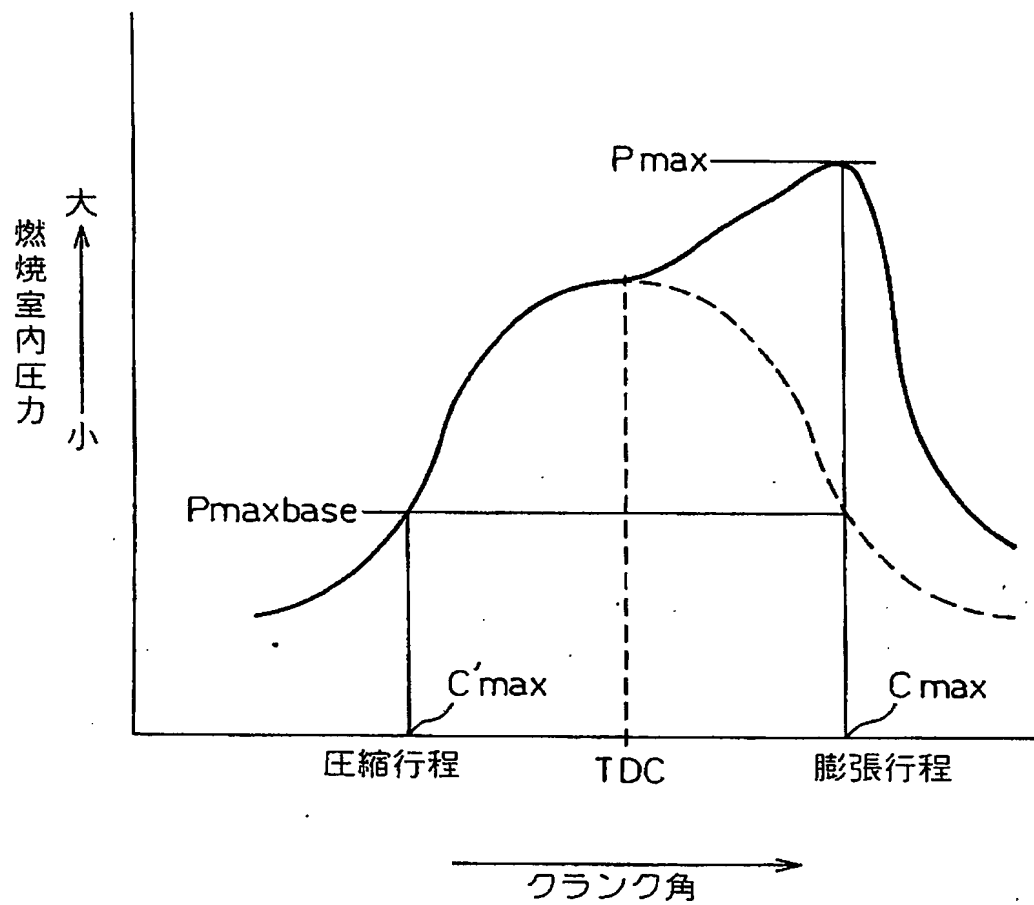


【図8】



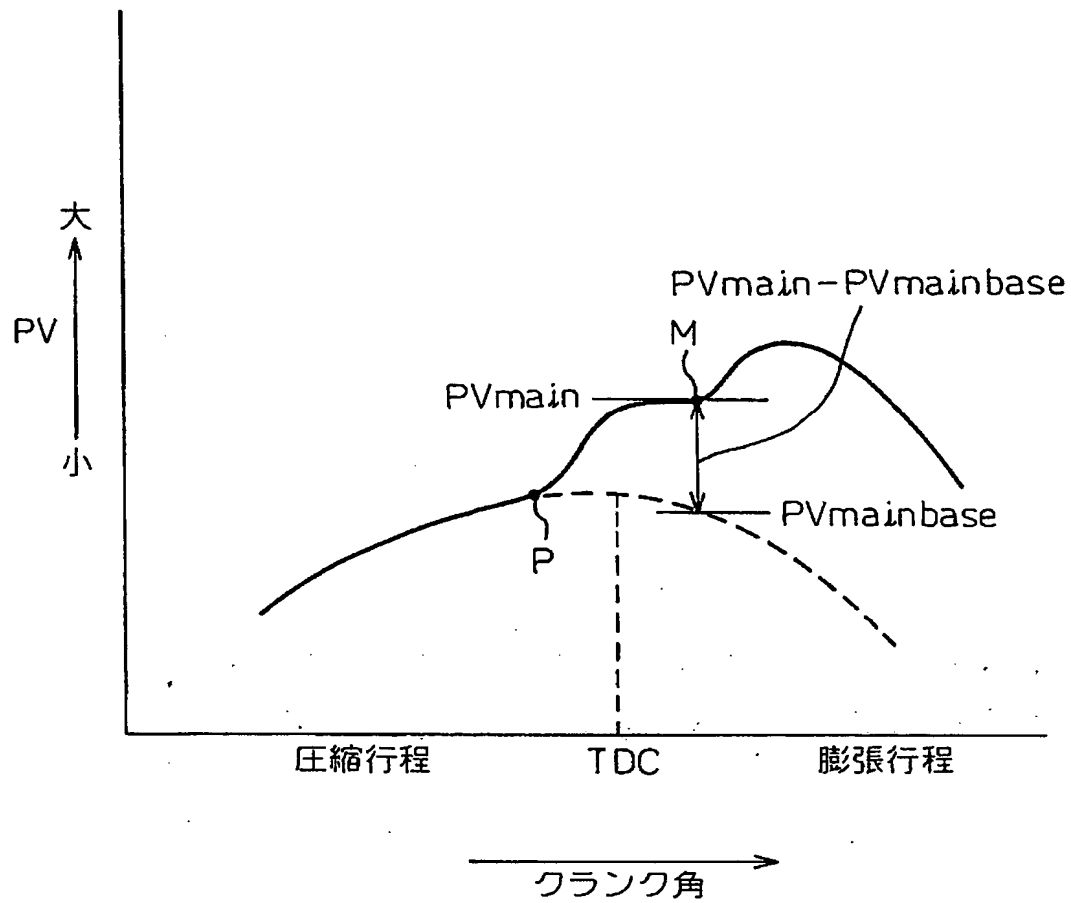
【図9】

図 9



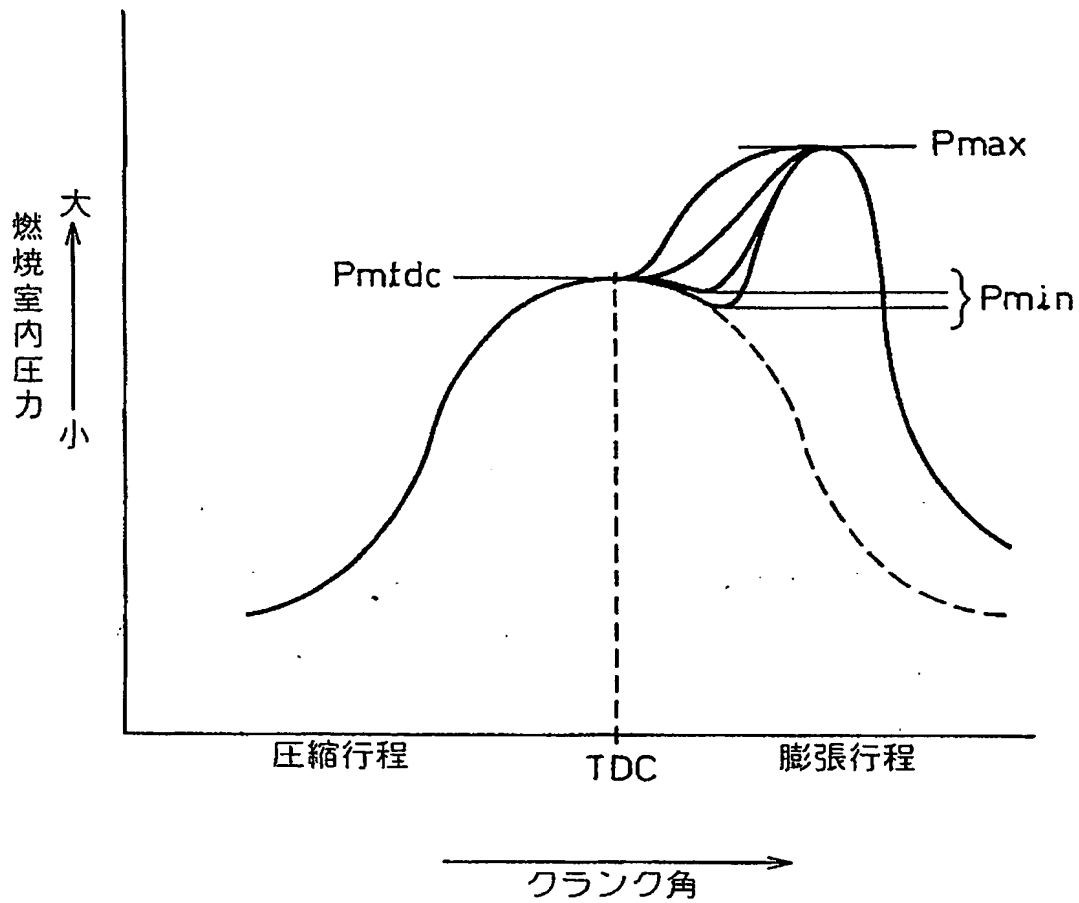
【図 10】

図 10



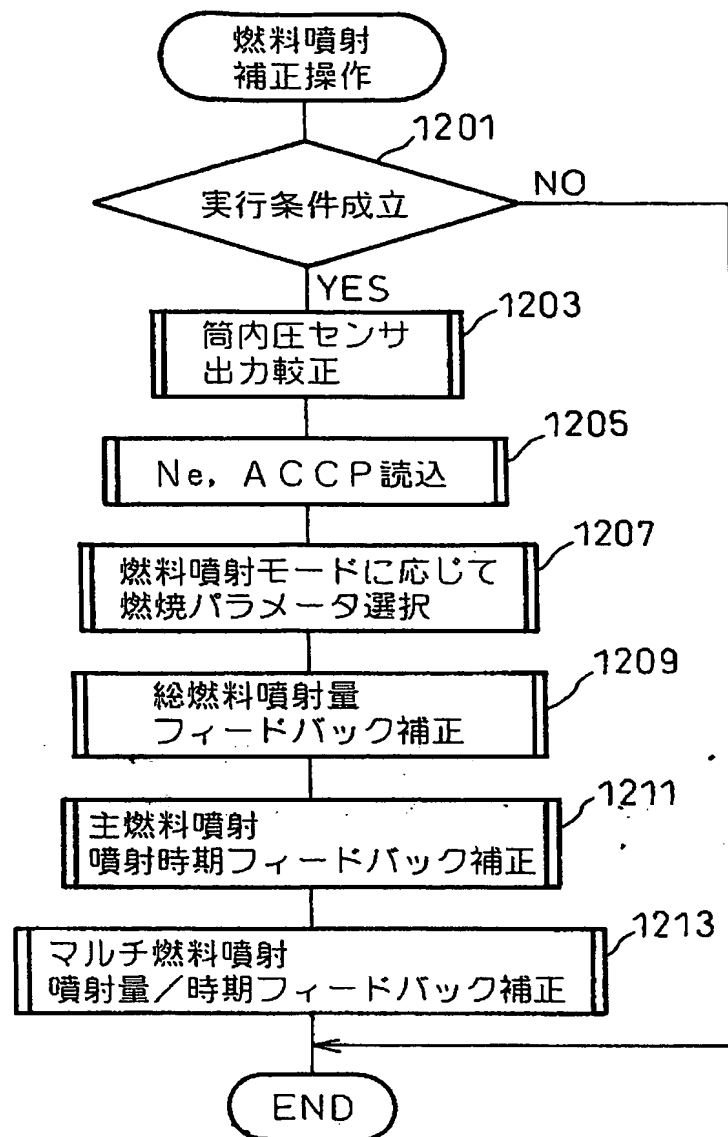
【図 11】

図 11



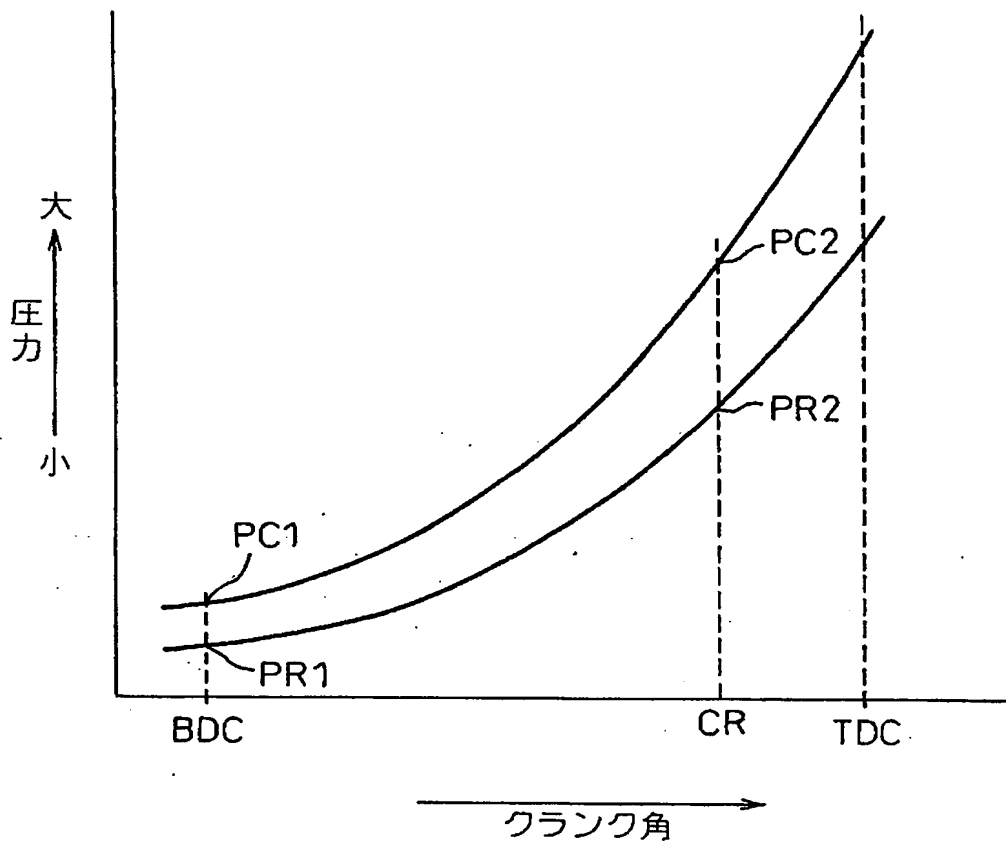
【図 12】

図 12



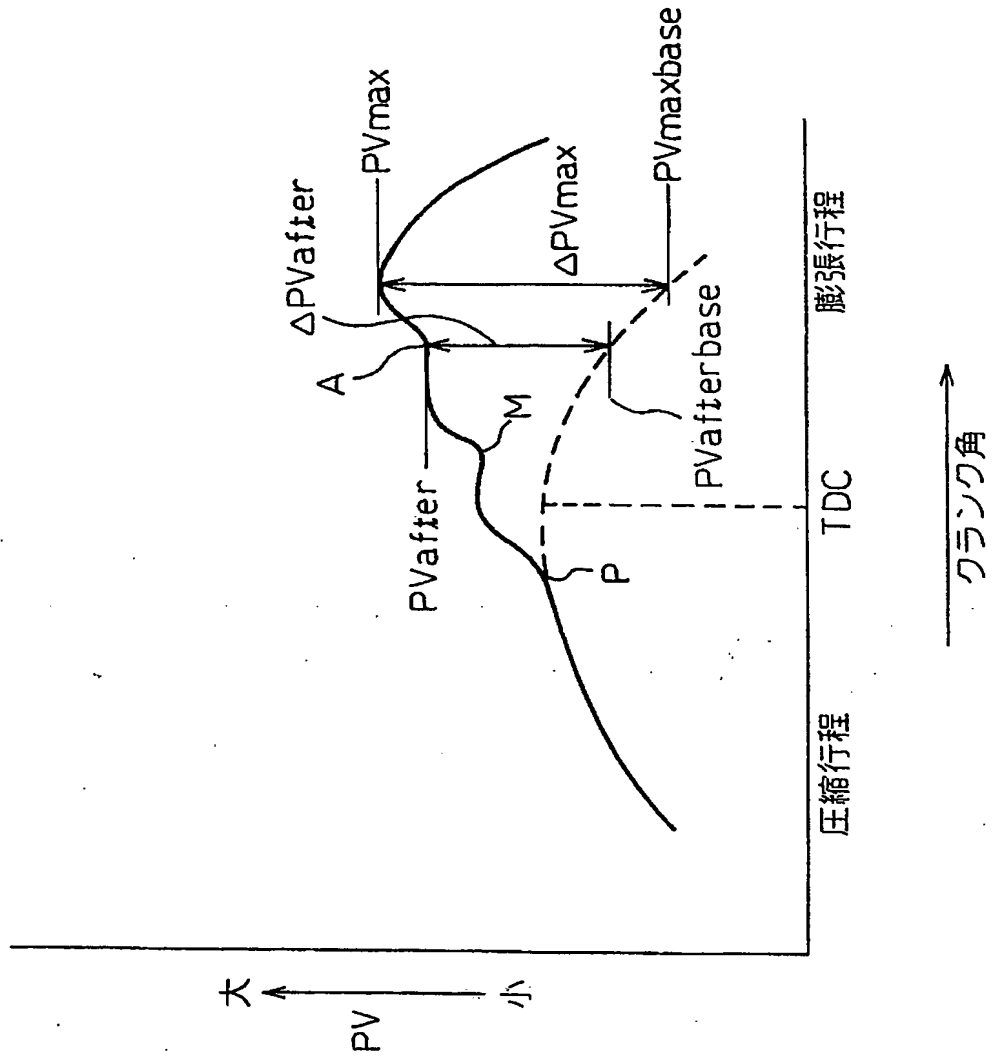
【図13】

図 13



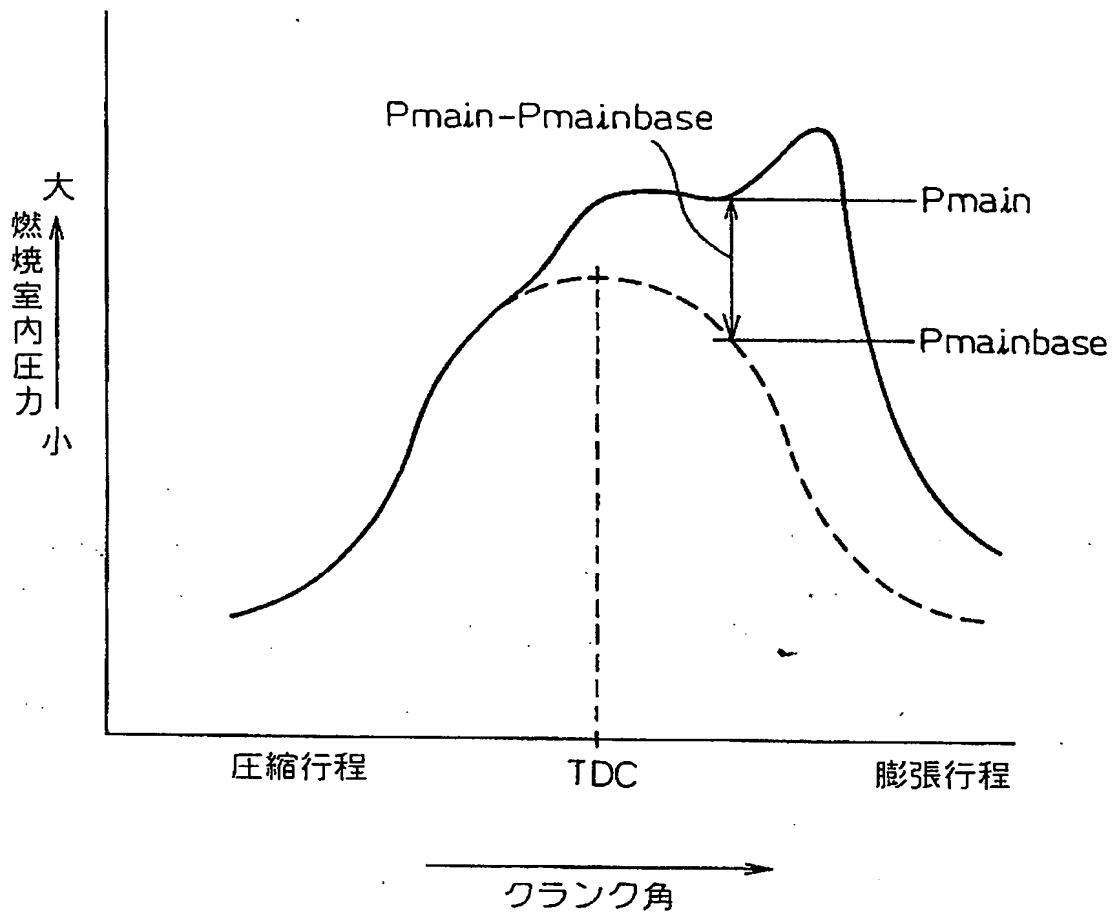
【図14】

図14



【図 15】

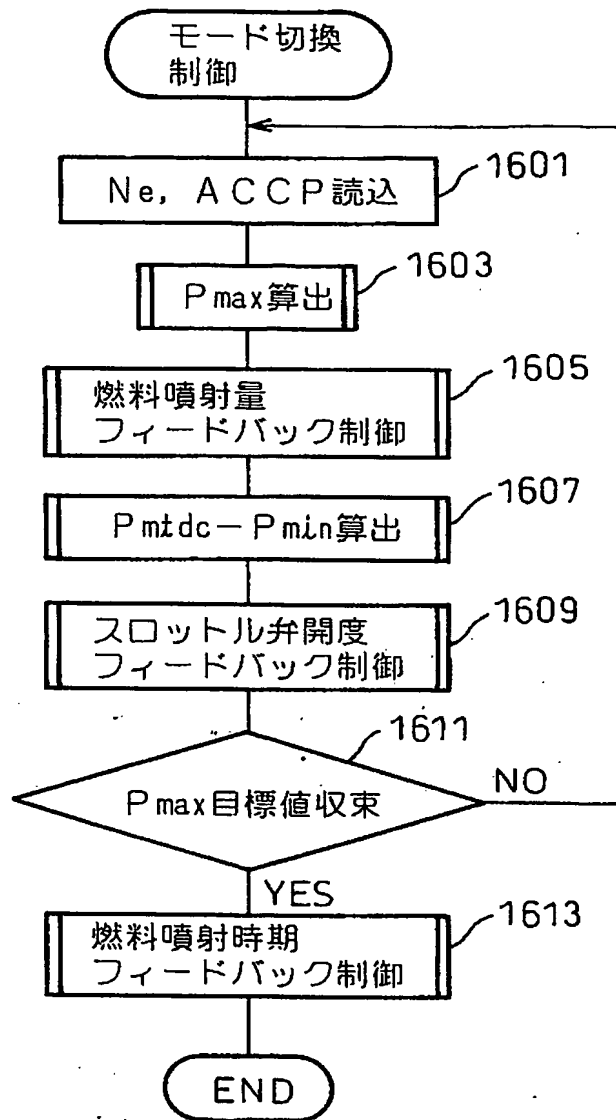
図 15





【図16】

図16



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ディーゼル機関の燃焼状態を最適に制御する。

【解決手段】 ディーゼル機関 1 の各気筒に燃焼室内圧力を検出する筒内圧センサ 2 9 a ~ 2 9 d を設ける。機関の電子制御ユニット ( E C U ) 2 0 は、筒内圧センサ出力に基づいて算出される機関の燃焼状態を表す複数種類の燃焼パラメータの中から、機関の燃料噴射弁 1 0 a ~ 1 0 d の燃料噴射モードに応じて最適な燃焼パラメータを選択し、この燃焼パラメータの値が機関運転状態に応じて定められる目標値に一致するように燃料噴射量と燃料噴射時期とをフィードバック制御する。これにより、機関燃焼状態が燃料噴射モードや燃焼モードにかかわらず常に最適な状態に制御されるようになる。

【選択図】 図 1

特願 2002-263173

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003207]

1. 変更年月日

1990年 8月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町1番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社

特願 2002-263173

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003609]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

氏 名

株式会社豊田中央研究所